



VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie



**STUDIUM VLIVU CHARAKTERU POVRCHU
PODKLADOVÉHO MATERIÁLU A VSTUPNÍCH
SLOŽEK POVLAKU NA PŘILNAVOST
OCHRANNÝCH POVLAKŮ**

DISERTAČNÍ PRÁCE

Studijní program: P2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303V002 Strojírenská technologie
Školitel: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.
Doktorand: Ing. Kateřina Pelikánová

Ostrava 2010

ANOTACE

STUDIUM VLIVU CHARAKTERU POVRCHU PODKLADOVÉHO MATERIÁLU A VSTUPNÍCH SLOŽEK POVLAKU NA PŘILNAVOST OCHRANNÝCH POVLAKŮ

Povlakový systém je v současné době nejčastěji používaná ochrana podkladového materiálu. Vývoj v oblasti kvality nátěrových hmot jde neustále vpřed. Zaměřuje se především na zlepšování ochranné antikoroziční účinnosti, snížení tloušťky povlaku, snížení celkových nákladů při výrobě, snížení ekologického dopadu na životní prostředí. Neustále se objevují nové materiály s vyššími užitnými vlastnostmi, které ovlivňují kvalitu povlakových systémů.

Nanotechnologie je v současnosti dynamicky rozvíjející se vědní obor. Oblast vědy a výzkumu, kde se nanotechnologie a nanočástice využívají je velmi široká (medicína, strojírenství, elektronika, kosmický průmysl, povrchové inženýrství atd.). Povrchové inženýrství je relativně mladým vědním oborem. Fascinace člověka povrchem je ale stará jako lidstvo samo. Dnešní povlakové systémy nacházejí široké uplatnění v různých praktických aplikacích, např. v mikroelektronice, elektronice, optice, strojírenství, automobilovém průmyslu a medicíně. Na světovém trhu jsou již dnes funkční nátěrové systémy na bázi nanočástic. Převážně jsou tyto nátěrové systémy na bázi Al_2O_3 , SiO_2 , TiO a ZnO . Použití částic o velikosti nanorozměru má odlišný vliv na vlastnosti ochranných povlaků, než použití částic o velikosti mikrorozměru.

Disertační práce je zaměřena na studium nově formulovaných vodou ředitelných transparentních protikorozičních nátěrů na bázi alkydové pryskyřice s obsahem mikročástic a nanočástic antikorozičního pigmentu. Studována je především přilnavost k podkladovému materiálu, protikoroziční odolnost a viskozita. Výsledky rozsáhlého souboru experimentálních zkoušek nám umožnily novou formulaci těchto vodou ředitelných nátěrových systémů pro dosažení dlouhodobé protikoroziční účinnosti.

ANNOTATION

STUDY OF INFLUENCE CHARACTER SURFACE OF BACKGROUND MATERIAL AND INPUT COMPONENTS OF COATING ON ADHESION OF PROTECTIVE COATINGS

The Paint system is most using protection of background material at the present time. Research and Development goes forward in the sphere of quality of paint coatings. Above all is target on improvement protective anticorrosive protection, decrease of coating thickness, decrease of final costs production, decrease of ecologically impact on environment. We can find a new materials still with highet utility properties that have influence of quality paint systems.

Nanotechnology is dynamically burgeoning science at the present time. The field of science and research where is using nanotechnology and nanoparticles is very extensive (Health, Engineering, Electronic, Space Industry, Surface Engineering). Surface Engineering is relatively young science. Coating systems finds extensive use in various practically applications (Microelectronics, Electronics, Optics, Mechanical Engineering, Automotive Industry, Health). In present time on the world market are paint systems on nanoparticles base. Predominantly are this paint systems on Al_2O_3 , SiO_2 , TiO and ZnO base. The using of particles nanosizes has different influence on properties of protective coatings than using of particles microsises.

Doctoral work is aim at study a new formulated water-borne transparent anticorrosive coating on base of alkyd resin with content of microparticles and nanoparticles. Above all is study adhesion to background material, anticorrosive resistibility and viscosity. Results from exams will help to make a better formulation water-born paint systems for achievement of long-time anticorrosive protection.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ..... 7

1 Úvod..... 9

2 Přehled dosavadních poznatků o studiu přípravy povrchu podkladového materiálu před aplikací nátěrového systému 11

2.1	Mikrogeometrie povrchu	11
2.2	Koroze	13
2.2.1	Chemická koroze.....	14
2.2.2	Koroze v atmosféře	15
2.2.3	Koroze ve vodě	16
2.2.4	Makroklima a mikroklima	17
2.3	Protikorozní ochrana úpravou prostředí	19
2.3.1	Destimulace	19
2.3.2	Úprava fyzikálních parametrů.....	19
2.3.3	Inhibice	20
2.4	Předpovrchová úprava povrchu materiálu	21
2.4.1	Mechanické úpravy povrchu.....	22
2.4.1.1	Otryskávání.....	22
2.4.1.2	Otryskávání suchým ledem	24
2.4.1.3	Kartáčování.....	24
2.4.1.4	Broušení.....	25
2.4.1.5	Leštění	25
2.4.1.6	Omílání	26
2.4.2	Chemické úpravy povrchu	26
2.4.2.1	Odmašťování	26
2.4.2.2	Moření	27

3 Ochrana povrchu nátěrovým systémem 28

3.1	Dělení nátěrových hmot	28
3.2	Složky nátěrových hmot	30
3.2.1	Filmotvorné látky.....	30
3.2.2	Pigmenty	31
3.2.2.1	Krycí schopnost – kryvost	37
3.2.2.2	Index lomu η	37
3.2.2.3	Objemová koncentrace pigmentů OKP	38
3.2.3	Plniva.....	38
3.2.4	Těkavé složky - rozpouštědla	39
3.2.5	Aditiva.....	40
3.2.5.1	Dispergační aditiva	40
3.3	Teorie přilnavosti nátěrového systému.....	42

3.3.1	<i>Vliv otryskávání na přilnavost nátěrového systému</i>	44
4	Nanotechnologie	45
4.1	Nanočástice	48
4.2	Vlastnosti nanopovlaků	51
5	Cíle disertační práce	52
6	Metodika experimentálních prací	53
7	Experimentální zkoušky a měření	54
7.1	Vizuální hodnocení čistoty povrchu po otryskávání dle ČSN EN ISO 8501-1	54
7.2	Hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3	55
7.3	Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287	56
7.4	Stanovení kotvícího profilu povrchu dle ČSN EN ISO 8503-5	57
7.5	Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky dle ČSN EN ISO 2431	58
7.6	Stanovení tloušťky mokrého a suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808	60
7.6.1	<i>Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrového filmu měřícím hřebenem</i>	60
7.6.2	<i>Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového filmu</i>	61
7.7	Stanovení přilnavosti mřížkovou zkouškou dle ČSN EN ISO 16 276-2	61
7.8	Stanovení lesku nátěrového systému dle ČSN EN 13 523-2	63
7.9	Korozní zkouška solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227	63
7.9.1	<i>Hodnocení defektů a intenzity změn vzhledu nátěrů dle ČSN EN ISO 4628-1</i>	65
7.9.2	<i>Hodnocení stupně puchýřkování nátěrů dle ČSN EN ISO 4628-2</i>	66
7.9.3	<i>Hodnocení stupně prorezavění nátěrů dle ČSN EN ISO 4628-3</i>	66
7.9.4	<i>Hodnocení stupně delaminace a koroze nátěrů v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8</i>	67
7.10	Zrychlená ponorová zkouška odolnosti nátěru proti podkorodování dle ČSN 67 3087	67
8	Výsledky experimentálních měření	69
8.1	Čistota povrchu dle ISO 8501 a zaprášení povrchu dle ISO 8502-3	69
8.2	Měření drsnosti podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287	72
8.3	Měření kotvícího profilu dle ČSN EN ISO 8503-5	75
8.4	Antikorozní pigment ortofosforečnan zinečnatý	75
8.5	Příprava nanočástic ZP 10	76
8.6	Rozbor klasických částic a nanočástic	77
8.6.1	<i>SEM analýza povrchu částic</i>	77
8.6.2	<i>AFM analýza povrchu částic</i>	80
8.7	Zhotovení nátěrů s pigmentem ZP 10	83
8.8	Aplikace nátěrů s pigmentem ZP 10	86
8.9	Měření tloušťky mokré a suché vrstvy nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 2808	88
8.10	Stanovení přilnavosti mřížkovou zkouškou dle ČSN EN ISO 16 276-2	90

8.11 Stanovení lesku nátěrového systému dle ČSN EN ISO 13 523-2	91
8.12 Výsledky korozní zkoušky solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227	92
8.12.1 Výsledky korozní zkoušky vzorků GN4, GK4, GN3, GK3	93
8.12.2 Výsledky korozní zkoušky vzorků HN4, HK4, HN3, HK3	95
8.12.3 Výsledky korozní zkoušky vzorků IN4, IK4, IN3, IK3	99
8.12.4 Výsledky korozní zkoušky vzorků BN4, BK4, BN3, BK3	103
8.12.5 Výsledky korozní zkoušky vzorků CN4, CK4, CN3, CK3	107
8.12.6 Výsledky korozní zkoušky vzorků DN4, DK4, DN3, DK3	111
8.13 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky odolnosti dle čsn 67 3087	115
8.13.1 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků GN2, GK2, GN1, GK1	116
8.13.2 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků HN2, HK2, HN1, HK1	118
8.13.3 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků IN2, IK2, IN1, IK1	120
8.13.4 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků BN2, BK2, BN1, BK1	122
8.13.5 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků CN2, CK2, CN1, CK1	124
8.13.6 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků DN2, DK2, DN1, DK1	126
8.14 Stanovení výtokové doby dle ČSN EN ISO 2431	128
8.15 Výsledky povrchu nátěrových systémů metodou SEM	130
8.16 Výsledky měření metodou AFM povrchu nátěrových systémů plněných nanočásticemi	140
9 Závěr	145
10 Literatura	149
11 Publikace	158
12 Seznam příloh	162

**SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ**

ZNAK	VELIČINA	JEDNOTKA
ČSN	Česká státní norma	[-]
EN	Evropská norma	[-]
ISO	Mezinárodní norma	[-]
SI	Mezinárodní soustava jednotek	[-]
λ_c	Filtr profilu	[mm]
Ra	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu	[μm]
Rz	Maximální výška profilu	[μm]
Rq	Kořenová průměrná čtvereční odchylka profilu	[μm]
Rp	Největší výška výstupku profilu	[μm]
Rv	Největší hloubka prohlubně profilu	[μm]
Rsk	Šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie)	[-]
Rku	Špičatost posuzovaného profilu	[-]
R	Hodnota spolehlivosti	[-]
C1-C5	Stupně korozní agresivity atmosféry	[-]
Im1-Im2	Stupně korozní agresivity vody a půdy	[-]
Kp	Kotvící profil	[μm]
Vp	Povrchový objem	[mm^3]
s	Tloušťka povlaku	[mm]
Z	Základní materiál	[-]
P	Povlak	[-]
Mg	Hořčík	[-]
Ni	Nikl	[-]
Zn	Zinek	[-]
Pb	Olovo	[-]
Cr	Chrom	[-]
Si	Křemík	[-]
O	Kyslík	[-]
H	Vodík	[-]
Ca	Vápník	[-]
Fe	Železo	[-]
H ₂ O	Voda	[-]
CO ₂	Oxid uhličitý	[-]
FeO	Oxid železnatý	[-]
Fe ₃ O ₄	Oxid železnato-železitý	[-]
Fe ₂ O ₃	Oxid železitý	[-]
Al ₂ O ₃	Oxid hlinitý	[-]
SiO ₂	Oxid křemičitý	[-]



TiO	Oxid titanitý	[-]
ZnO	Oxid zinečnatý	[-]
Pb ²⁺	Dvoumocné olovo	[-]
Cr ⁶⁺	Šestimocný chrom	[-]
VOC	Těkavá organická látka	[-]
Θ	Úhel smáčení	[°]
ΔT	Roztažnost	[°C]
OKP	Objemová koncentrace pigmentu	[%]
KOKP	Kritická objemová koncentrace pigmentu	[%]
K	Kryvost	[m ² .l ⁻¹ _{snh}]
V _{pig}	Objem pigmentu a plniva	[m ³]
V _{poj}	Objem pojiva	[m ³]
ρ	Hustota pigmentu	[g.cm ⁻³]
a	Spotřeba oleje při smočení	[g]
η	Index lomu	[-]
η _{rel}	Relativní index lomu	[-]
η _{pig}	Index lomu pigmentu	[-]
η _{poj}	Index lomu pojiva	[-]
^x D	Kryvá tloušťka	[μm]
Sa	Stupeň čistoty povrchu po otryskání	[-]
A, B, C, D	Stupeň zarezavění	[-]
Ri	Stupeň prorezavění	[-]
ZP10	Orthofosforečnan zinečnatý	[-]
SE	Sekundární elektrony	[-]
BSE	Odražené sekundární elektrony	[-]
EDAX	Prvková analýza	[-]
m _p	Hmotnost pasty ZP 10	[kg]
m _{MP}	Hmotnost misky a pasty	[kg]
m _M	Hmotnost prázdné misky	[kg]
V _č	Objem částic	[l]
m _{MV}	Hmotnost misky po vysušení	[kg]
V _{DS}	Objem destilované vody	[l]
m _č	Hmotnost částic	[kg]
v	Kinematická viskozita	[mm ² .s ⁻¹]
t	Výtoková doba	[s]

1 ÚVOD

V průmyslovém odvětví neustále stoupají nároky na kvalitu výroby a především na čistotu a kvalitu povrchu průmyslových výrobků, která je dána technologií opracování povrchu. Důležitá je také rychlost oxidace povrchu, která mění reliéf povrchu (drsnot povrchu a kotvící profil). Včasná a kvalitní povrchová úprava zvyšuje odolnost průmyslových výrobků vůči agresivitě okolního prostředí a tedy koroznímu napadení. Prodlužuje se životnost a zvyšuje se funkčnost výrobků.

Předpovrchové úpravy kovů jsou jedním z důležitých aspektů, které mají vliv především na přilnavost ochranných povlaků a jejich pozdější kvalitu. Hlavním cílem je zajistit dobrou adhezi nanášeného ochranného povlakového systému na dobře očištěný a připravený povrch a tím zajistit jeho funkčnost a dlouhou životnost. V současné době se pro ochranu podkladového materiálu nejčastěji používá povlakový systém. Má nezastupitelnou roli v ochraně velmi velké škály konstrukčních i stavebních materiálů, propůjčuje jim požadované vlastnosti a chrání je před jejich degradací způsobenou provozními i povětrnostními podmínkami. Je ekonomicky výhodný.

Role a význam ochranných povlaků neustále roste. Jednak se trvale rozšiřuje oblast chráněných substrátů (ocel, zinek, slitiny hliníku, sklovité smaltové povlaky, dřevo, beton, zdivo, papír, lepenka atd.) a jednak se objevují neustále nové materiály s vyššími užitnými vlastnostmi jako jsou např. nátěry s obsahem nanočástic. Díky neustále se rozvíjející vědě a technologiím dosahujeme stále lepších vlastností ochranných povlaků, které můžeme nanášet v tenkých vrstvách s použitím nanočástic. Tyto částice dokážou zlepšit vlastnosti povlaku jako odolnost proti korozi, proti oděru a nárazu, tepelnou odolnost, zlepšují bariérové vlastnosti, ovlivňují stabilitu při skladování. Volba druhu nanočástic je ovlivněna samotným systémem nátěrové hmoty. Záleží na tom, zda jde o použití do vodou ředitelných, rozpouštědlových, vysokosušinných nebo práškových nátěrových hmot. Využití těchto nových nanomateriálů pro zlepšení specifických vlastností nátěrů vede v současné době k významným investicím do výzkumu a vývoje.

V současné době má zatím negativní vliv, na běžnou spotřebitelskou výrobu výrobků s obsahem nanočástic, stále vysoká pořizovací cena nanočástic. Taktéž zatím není zcela známo, jaký bude mít nanotechnologie a nanočástice dopad na životní prostředí.

Disertační práce se zabývá studiem nově formulovaných vodou ředitelných transparentních protikorozních nátěrů na bázi alkydové pryskyřice s obsahem mikročástic a



nanočástic antikoročního pigmentu. Tyto protikorozní nátěry jsou nanášeny v tenkých tloušťkách, jejichž předpokladem je dosažení krátkodobé protikorozní ochrany. Studována je především přilnavost k podkladovému materiálu a protikorozní odolnost. Výsledky těchto zkoušek přinesou nové poznatky a informace z oblasti ochrany materiálů nátěrovými systémy plněnými nanočásticemi a mikročásticemi. Současně pomohou k nové formulaci těchto protikorozních nátěrů pro dosažení dlouhodobé protikorozní účinnosti.

2 PŘEHLED DOSAVADNÍCH POZNATKŮ O STUDIU PŘÍPRAVY POVRCHU PODKLADOVÉHO MATERIÁLU PŘED APLIKACÍ NÁTĚROVÉHO SYSTÉMU

Každý kovový či nekovový předmět ohraničuje jeho povrch, který je neustále v kontaktu s okolním prostředím. Povrchová vrstva se vytváří na povrchu kovu i nekovu.

[1] Dochází ke vzájemnému styku kovových, nekovových, kapalných a plyných fází.

2.1 MIKROGEOMETRIE POVRCHU

Neexistuje povrch, který by byl geometricky dokonale rovinný, zvláště pak technické povrchy. Tyto odchylky vznikají při přípravě povrchu a také jsou důsledkem působení vnějších sil nebo prostředí. Rozlišujeme tři druhy nerovností:

- Mimořádné nerovnosti (makronerovnosti) - jsou to trhliny, náhodné nerovnosti odlitků či výkovků, nepravidelné rýhy.
- Vlnitost povrchu - jde o periodicky opakující se nerovnost, která vzniká hlavně při obrábění chvěním stroje, nástroje a obrábění součástí.
- Drsnost povrchu (mikronerovnost) - pravidelně se opakuje, je podmíněná technologickým pochodem. [1]

Na opakující se nerovnosti se ještě superponují ultramikronerovnosti, které jsou dány snahou krystalického povrchu dosáhnout nejstabilnějšího stavu. I ta sebejemnější mechanická příprava povrchu vede k velmi složitým jevům a ovlivňuje krystalickou mřížku do hloubky. Je velmi obtížné získat povrch o vysoké čistotě. Můžeme ji dosáhnout např. ve vysokém vakuu při teplotách u kterých dochází již k odpařování kovu z povrchu.

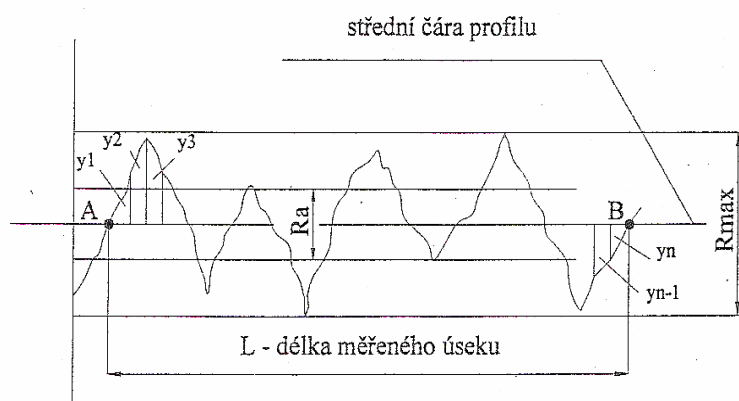
Povrch materiálu určuje jeho vzhled a tvoří rozhraní mezi dvěma fázemi – hranice mezi materiálem a okolím. Využití charakteristik povrchu směrem do hloubky materiálu je jistým stupněm klasifikace povrchu, kterému odpovídá i rozdělení oblastí povrchu (viz tabulka č. 2.1). [38]

Tabulka č. 2.1 Oblasti povrchu [38]

Oblast	Rozměr	Funkční ovlivnění
Horní vrstva	0,1 nm	Adsorbce, chemická reaktivita
Tenký film oxidace	0,1 – 100 nm	Odrazivost, tření, koroze, tepelná vodivost
Vnější povrchová vrstva	0,1 – 10 μm	Deformace struktury
Celková vrstva	> 100 μm	Adheze, nátěry

Hodnocení kvality povrchu se provádí kvantitativní nebo kvalitativní metodou a kvalita povrchu je obvykle hodnocena podle drsnosti, tedy drsnost je střední aritmetická odchylka od střední čáry profilu R_a .

R_a – střední hodnota vzdálenosti bodů zjištěného profilu y_1, y_2 až y_n od střední čáry (viz obrázek č. 2.1). [4]



Obr. 2.1 Hodnocení drsnosti povrchu [4]

Profil drsnosti – je základem pro hodnocení parametrů drsnosti. Jde o profil odvozený ze základního profilu potlačením složek použitého filtru profilu λ_c . Filtrací odstraňujeme nežádoucí složky profilu, filtr λ_c určuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti. Hodnota filtru λ_c je rovna základní délce pro drsnost l_r (délka ve směru osy x, používaná pro rozpoznání nerovnosti charakterizujících daný profil). [13]



2.2 KOROZE

Jde o proces postupného narušování a znehodnocování materiálu způsobené chemickým nebo fyzikálním působením prostředí, tento proces probíhá samovolně a nevratně. Jeho výsledkem je částečné nebo úplné rozrušení materiálu. Při korozním ději dochází k vzájemnému působení materiálu a prostředí, a k tomu navíc přistupuje časový průběh reakce tj. rychlost koroze, která je také závislá na řadě dalších vlivů korozního systému.

Korozi podléhají téměř všechny materiály, tedy nejen kovy a jejich slitiny, ale též nekovové materiály (plastické hmoty, keramické, sklovité, silikátové). Boj proti korozi se v současné době zaměřuje do tří oblastí. Těmi jsou především volba vhodného materiálu, úprava korozního prostředí, vytváření ochranných povlaků na materiálu. [25]

Jsou různá prostředí ve kterých koroze probíhá. Nejdůležitější je okolní prostředí kolem nás, tedy atmosféra. Podle dominujícího faktoru dělíme korozi dle: [2]

- Mechanismu - koroze chemická
 - koroze elektrochemická
- Vzhledu - koroze rovnoměrná
 - koroze nerovnoměrná
- Prostedí - koroze v atmosféře
 - koroze ve vodě
 - koroze v půdě

Konstrukční materiály jsou vystaveny různým podmínkám, které způsobují korozní napadení. Z tohoto hlediska nelze navrhnout ani použít jednotný univerzální systém ochrany. Nejúčinnější způsob ochrany se musí volit jednotlivě dle charakteru kovu a podmínek korozního napadání. Protikorozní opatření můžeme rozdělit do tří skupin podle jeho účinku.

Opatření, která ovlivňují kov – jde především o antikorozní legování, tepelné zpracování, použití různých ochranných povlaků, použití inhibitorů koroze,

elektrochemické ochrany. Antikorozi legování a tepelné zpracování se používá tehdy, pokud nelze použít jiné metody. Tepelné zpracování u některých korozivzdorných materiálů příznivě ovlivňuje korozní odolnost. Dosahuje se homogenní struktury austenitu, bez přítomnosti vyloučených karbidů chromu na hranicích zrn. Zároveň se odstraňuje vnitřní pnutí v materiálu. Široce se také používají různé kovové a nekovové anorganické povlaky. Kovové ochranné povlaky chrání před korozním napadením, ale současně mají pozitivní vliv na fyzikálně mechanické vlastnosti povrchu kovu. Zlepšují tvrdost, odolnost proti opotřebení, elektrickou vodivost, schopnost pájení, zlepšují vzhled. Nekovové povlaky jsou vytvářeny nejčastěji chemickou nebo elektrochemickou oxidací povrchu (např. eloxování hliníku) nebo povlaků fosfátových vytvořených těžkopřumyslovými fosfáty manganu, železa, zinku. Tradiční protikorozi ochranou v současnosti jsou povlaky tvořené nátěrovými hmotami, které obsahují organickou složku (filmotvorné látky, pojiva) a anorganickou složku (pigmenty, plniva, aditiva, rozpouštědla). [11]

Opatření, která ovlivňují korozní prostředí – zde patří především snížení korozní agresivity prostředí. Taková opatření jsou např. použití ochranných atmosfér při ohřevu kovů, použití inhibitorů (látky, které již při velmi malém množství snižují agresivitu prostředí), odstranění vlhkosti z prostředí (speciální absorpční látky). [11]

Opatření, která ovlivňují konstrukci – záměrné ovlivnění konstrukce komplexním řešením protikorozi ochrany již ve stádiu projekce. Již při navrhování konstrukce by se mělo zamezit kontaktu dvou kovů o různém elektrochemickém potenciálu (v daném prostředí pak nemůže vzniknout makročlánek), zamezit hromadění vody a vlhkosti v některých částech konstrukce (nevznikne tak korozní článek), zamezit vzniku turbulentního proudění prostředí (pokud je konstrukce vystavena současně korozi i erozi). [11]

2.2.1 Chemická koroze

Vlivem chemického působení vnějšího prostředí dochází k rozrušení kovových materiálů. Koroze plyny při vysokých teplotách je nejrozšířenější druh chemické koroze. Základní korozní složka v plynech je kyslík. Dochází zde k oxidační nebo redukční reakci. Oxidačně působí kyslík, vzduch, vodní pára atd. a redukčně působí vodík, čpavek, metan a jejich směsi. Vytvořená vrstva oxidů není ideálně celistvá a obsahuje póry, makro a

mikro trhliny. Těmito póry a trhlinami se kyslík dostává až k obnaženému kovu, kde reakce mezi nimi může probíhat tak dlouho dokud není materiál zcela rozrušen. Při narůstající tloušťce oxidů se vrstva stává nepropustnou nebo dobře přilne k povrchu \Rightarrow ztížený přístup kyslíku ke kovu. Dochází ke zpomalení nebo úplnému zastavení procesu oxidace. V průběhu oxidace železa vznikají na povrchu tyto vrstvy:

Fe_2O_3 – oxid železitý
Fe_3O_4 – oxid železnato-železitý
FeO – oxid železnatý
Ocelový substrát

Obr. 2.2 Vrstvy oxidace železa

2.2.2 Koroze v atmosféře

Vzniká působením atmosféry na kovový materiál a je to nejrozšířenější forma koroze. Podle mechanismu probíhá většinou jako elektrochemická koroze. Korozní proces probíhá v tenké vrstvě elektrolytu na povrchu materiálu. Korozní produkty na povrchu materiálu absorbují značné množství vodních par z ovzduší, tuto schopnost má i většina nečistot (saze, prach atd.). Na kovový materiál působí klimatické podmínky, které jsou charakterizované teplotou vzduchu a jejími změnami, vlhkostí vzduchu, orosením, znečištěním vzduchu, slunečním zářením, ozónem, srážkami, větrem, tlakem vzduchu, bakteriemi a dalšími. Korozní děj je omezen pouze na anodová místa povrchu. Korozním působením vznikají povrchové vrstvy, které jsou v některých případech rovnoměrné, v jiných jen místní. Korozní produkty však mohou mít i ochranný charakter. Příkladem toho jsou oceli typu Atmosfix. Vzniku korozního napadení můžeme s úspěchem zabránit aplikací organického povlaku tvořeného nátěrovou hmotou. Vliv atmosféry na korozní odolnost materiálu je charakterizován tzv. stupněm agresivity atmosféry (viz tabulka č. 2.2).

Tabulka č. 2.2 Stupně korozní agresivity atmosféry a příklady typických prostředí dle ČSN
EN ISO 12944

Stupně korozní agresivity		Příklady typických prostředí mírných klimatických pásem (pouze informativní)	
		Venkovní	Vnitřní
C1	Velmi nízká	-	Vytápěné budovy s čistou atmosférou (kancelář, škola..)
C2	Nízká	Atmosféry s nízkou úrovní znečištění převážně venkovské prostředí	Nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci (sportovní haly)
C3	Střední	Městské a průmyslové atmosféry s mírným znečištěním SO ₄ , přímořská prostředí s nízkou salinitou	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší (výrobní potraviny, pivovary ...)
C4	Vysoká	Průmyslové a přímořské prostředí s nízkou salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice a doky na mořském pobřeží
C5-I	Velmi vysoká (průmyslová)	Průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší
C5-M	Velmi vysoká (přímořská)	Přímořské prostředí s vysokou salinitou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší

2.2.3 Koroze ve vodě

Mechanismus koroze ve vodě je dobře znám, ale je velmi nesnadné přesně určit jak bude probíhat ve skutečnosti. Intenzitu koroze přímo ovlivňují chemické látky kyselého či zásaditého charakteru rozpuštěné ve vodě. Těmi jsou mechanické nečistoty, kaly, různé plyny, teplota proudění, soli různých sloučenin a další. Nejčastějším druhem korozního napadení je jamková a nerovnoměrná koroze. Vody s vyšší tvrdostí jsou podstatně méně agresivní než vody měkké. Korozi ve vodách příznivě ovlivňuje kationt Ca, Mg, Zn, Ni. Nepříznivě působí kationty těžkých kovů. Dosavadní poznatky a zkušenosti prokázaly, že

nelegované a nízkolegované materiály korodují ve vodě přibližně stejně. Oproti tomu vysokolegované materiály jsou v přírodních vodách odolné. Agresivita korozního prostředí je dána stupněm Im1 až Im3 (viz tabulka č. 2.3).

Tabulka č. 2.3 Stupně korozní agresivity vody a půdy dle ČSN EN ISO 12944

Stupeň	Prostředí	Příklady prostředí a konstrukcí
Im1	Sladká voda	Vodní stavby, vodní elektrárny
Im2	Mořská nebo poloslaná voda	Ocelové stavby v přístavech jako stavidla, výpusti, plavební komory, plovoucí plošiny
Im3	Půda	V zemi uložené nádrže, ocelové potrubí, ocelové piloty

2.2.4 Makroklima a mikroklima

Makroklima jsou atmosférické podmínky, které mají za následek destrukci ochranného povlaku a vytvářejí klima kdekoli na zemi. Mění se v závislosti na tom kde se nacházejí, tzn. v závislosti na zeměpisné šířce, nadmořské výšce, denní době atd. Složky makroklimatu:

- Kyslík v atmosféře – je jedinou konstantní veličinou v makroklimatu, účastní se základních degradačních reakcí.
- Sluneční záření – působí jako přímé sluneční záření i jako nepřímé – difusní záření.
- Teplota vzduchu – ovlivňuje teplotu nátěru a rychlost degradačních reakcí.
- Vlhkost vzduchu – základní faktor koroze, při jejím poklesu pod určitou hodnotu korozní procesy téměř neprobíhají.
- Polutanty v atmosféře – jde zejména o oxidy síry a dusíku, ozon, aerosoly. Jejich projevem je například kyselý déšť. [11]

Povětrnostní faktory mají vliv na stárnutí a degradaci nátěru. V bezprostřední blízkosti nátěru však bývají mnohdy odlišné od podmínek makroklimatu. Mikroklima je tedy souhrn povětrnostních faktorů, které působí na nátěr v jeho bezprostřední blízkosti. Jsou to především složky mikroklimatu, které rozhodují o rychlosti a povaze degradačních procesů nátěru. Současné tak určují i životnost nátěru. Složky mikroklimatu:

- UV složka záření dopadající na povrch nátěru – degradaci způsobuje jak přímé UV záření, tak jeho difusní složka. Množství dopadající energie je určeno také polohou předmětu ke slunci.
- Teplota povrchu nátěru – dodatkové zahřívání nátěru během dne vlivem infračerveného záření způsobuje, že povrchová teplota nátěru převyšuje teplotu okolního vzduchu až o 40°C. Ohřátí nátěru je závislé na barevném odstínu a tepelné vodivosti natřeného substrátu. Dochází k dodatkovému podchlazení předmětu v noci pod teplotu okolního vzduchu. Celkové kolísání teploty povrchu nátěru během 24 hodin tak může dosáhnout 60 - 80°C.
- Vlhkost povrchu nátěru – pro namáhání nátěru má velký význam rosa a doba orosení nátěru. Rosa má pro degradaci nátěrů větší význam než déšť.
- Přítomnost solí na povrchu nátěru – soli, zejména chloridy a sírany, pronikají difusí k povrchu chráněného substrátu a urychlují na jeho povrchu elektrochemické procesy, vedoucí ke korozi těchto materiálů. Soli přítomné na povrchu kovů ještě před aplikací nátěru navíc podstatně snižují přílnavost nátěru i jeho ochranné vlastnosti.
- Vítr – působí abrazi nátěru vzhledem k přítomnosti pevných částic v ovzduší. Zvyšuje tím podstatně úbytek tloušťky povlaku a přispívá tak ke zrychlení poklesu ochranné účinnosti povlaku.
- Flora, fauna a jejich metabolity – destrukci nátěrů způsobují především plísňe, houby, řasy a bakterie. Na ponořených částech působí především mořská flora a fauna. [11]

2.3 PROTIKOROZNÍ OCHRANA ÚPRAVOU PROSTŘEDÍ

Agresivitu korozního prostředí lze snížit třemi základními vzájemně kombinovatelnými a souvisejícími způsoby:

- Odstraněním složek, které jsou hlavní příčinou korozního napadení (destimulace).
- Změnou fyzikálních parametrů prostředí.
- Přídavkem látek, které brzdí korozní proces (inhibicí). [42]

2.3.1 Destimulace

Je využitelná většinou v případech, kdy je agresivní složky v prostředí relativně málo. Nejběžnějším případem je odstranění kyslíku z prostředí, kde je korozní proces řízen rychlostí kyslíkové depolarizace. Ve vodách pro energetické účely se obsah kyslíku snižuje buď fyzikální metodou (vakuum, var atd.) nebo chemickým postupem (reakcí s hydrazinem nebo syřičitanem, který zvyšuje solnost vody). Destimulace můžeme dosáhnout také alkalizací kyselých vod nebo odstraněním chloridů z vody demineralizací. Chloridy se odstraňují hlavně tehdy, kdy mohou být příčinou vzniku bodové koroze nebo korozního praskání.

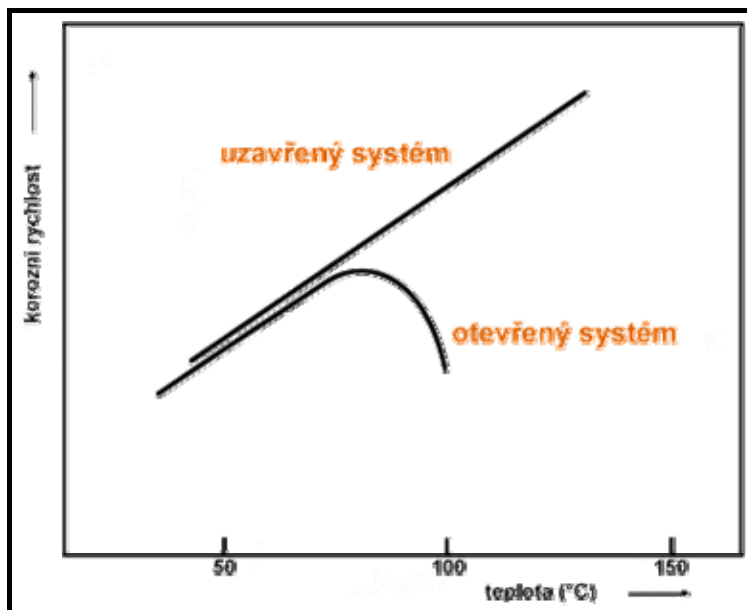
Pro průběh korozního procesu je důležitá přítomnost vodného elektrolytu. Odstraněním vlhkosti výrazně omezíme korozní proces. Korozní proces můžeme dále ovlivnit odstraněním pevných částic jak z vodných elektrolytů tak ze vzduchu. Dále změnou poměru koncentrace složek s inhibičním a stimulačním účinkem.

2.3.2 Úprava fyzikálních parametrů

Tento způsob úpravy je založen na změně teploty a rychlosti pohybu korozního prostředí. Pokles korozní agresivity dosáhneme snížením teploty. Při teplotě cca 10 – 30°C dosáhneme zhruba dvojnásobného snížení koroze. Pokud se snížením teploty dosáhne samovolné pasivace, dojde ještě výrazněji k poklesu korozní rychlosti.

To však neplatí ve všech případech. „U otevřeného systému může zvýšení teploty nad 60°C vést k snížení rozpustnosti O_2 a tím k poklesu korozní rychlosti oceli ve vodě (viz obrázek č. 2.3)“ [42]

Zvýšení teploty působí příznivě i při snižování atmosférické koroze v uzavřených skladech a to z toho důvodu, že klesá relativní vlhkost až pod kritickou úroveň (70 - 80%). Tlak má na korozní proces jen malý nebo nepřímý vliv.



Obr. č. 2.3 Schématické znázornění vlivu teploty na korozní rychlost železa v provzdušněné vodě [42]

2.3.3 Inhibice

Inhibitor je látka, která přidána do korozního prostředí v malé koncentraci působí výrazné snížení korozní rychlosti. Účinnost koncentrace těchto látek se obvykle pohybuje v mezích od 0,1 do 10 g l⁻¹. mechanismus inhibice je založen buď na blokování dílčího anodického či katodického děje, nebo spočívá v současném ovlivnění obou. Inhibiční účinek řady látek spočívá v zajištění podmínek pro pasivaci kovu. Inhibiční látky můžeme rozdělit do tří skupin:

- Anodické inhibitory – brzdí anodickou (korozní) reakci. Používají se v neutrálních roztocích a působí vznik nerozpustných produktů, které chrání povrch před další korozi. Tyto látky musí být obsaženy v dostatečném množství. Při jejich poklesu působí opačně a korozi naopak podporují a způsobují nerovnoměrné napadení. Řadíme zde dusitany, benzoany, chromany, fosforečnany, křemičitany a další.
 - Katodické inhibitory – zpomalují průběh katodické (depolarizační) reakce. V neoxidačních kyselinách takto působí při korozi sloučeniny antimonu a arzenu, které brzdí vylučování vodíku. V neutrálních roztocích vytváření vápenaté a zinečnaté ionty, spolu s produkty koroze vrstvy, které brzdí kyslíkovou depolarizaci. Takto působí i polyfosforečnany.
 - Adsorpční inhibitory – brzdí korozní reakce (anodickou i katodickou) adsorpcí na povrchu kovu. Jde o organické látky obsahující skupiny s dusíkem a sírou (např. aminy). Uplatňují se především při moření kovů.
- [42]

2.4 PŘEDPOVRCHOVÁ ÚPRAVA POVRCHU MATERIÁLU

Správná a kvalitní příprava povrchu materiálu je podmínkou pro vytvoření kvalitních povlaků, které budou dosahovat požadovaných vlastností.

Řadíme zde technologie, které zbavují povrch materiálu nečistot tak, abychom získali technicky nebo fyzikálně čistý povrch. Nečistoty můžeme dělit do dvou skupin:

- Ulpělé cizí nečistoty - jsou vázány pouze adhézními silami a jde o zbytky mastných látek, kovových nečistot a nerozpustné anorganické nečistoty. Tyto nečistoty jsou odstraňovány procesem nazývaným odmašťování.
- Vlastní nečistoty - jsou vázány k povrchu kovu chemisorpcí, tzn. že jsou s povrchem spojeny určitou chemickou vazbou. Jedná se o korozní zplodiny, tedy okuje a rez. Tyto nečistoty je důležité odstranit před nanášením povlaků nátěrových hmot. Nečistoty se odstraňují buď

mechanickými procesy (otryskávání, broušení, kartáčování, omílání a oklepávání) nebo chemickými procesy (odrezování a moření). [1]

Způsob předúpravy povrchu materiálu před aplikací nátěru je dán povahou podkladu a požadavky kladenými na ochrannou funkci nátěru. Základním předpokladem je zabezpečení dokonalé přilnavosti nátěrů na povrch. S odstraněním veškerých nepřilnavých vrstev a nečistot se zvyšuje přilnavost nátěru. V některých případech se jako předúprava povrchu volí pasivace, která zvyšuje odolnost proti korozi a zdrsňuje povrch (následkem toho se zvýší přilnavost organických nátěrů). Pasivují se především povrchy lehce podléhající korozi a silně namáhané chemicky nebo korozně. V takových případech by ochrana nátěrem byla nedostačující a životnost nátěru malá. Patří zde především fosfátování a eloxování. [10]

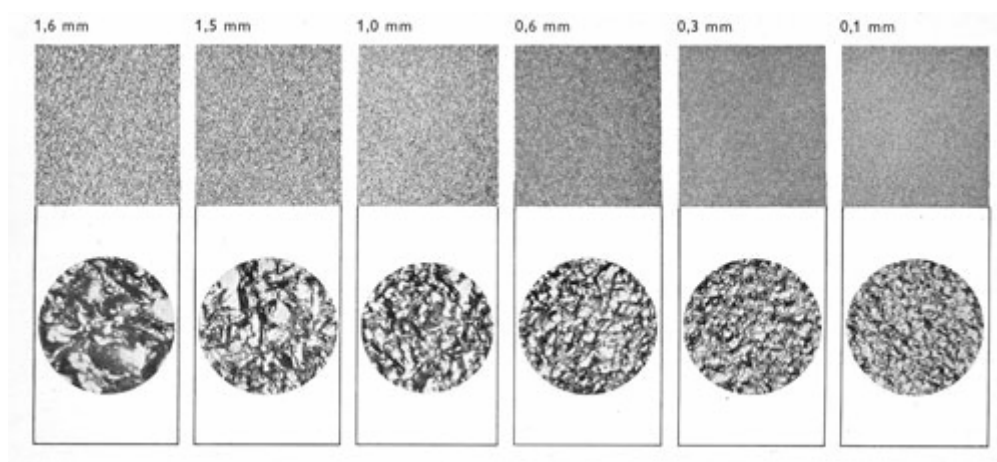
2.4.1 Mechanické úpravy povrchu

Účelem úpravy povrchu materiálu je vytvoření požadované jakosti povrchu, tedy především očistit povrch od nečistot (rzi, okují, písku, grafitu), vytvoření podmínek pro zakotvení povlaku, zlepšení mechanických vlastností (pevnost, mez únavy), vzhledové požadavky a vytvořit podmínky pro zvýšení korozní odolnosti. Stav povrchu je jedním z hlavních faktorů, který ovlivňuje přilnavost a životnost nátěru. Vzájemné vazby povrchu kovu a nátěru jsou výsledkem působení velmi složitých a komplikovaných fyzikálních a fyzikálně - chemických vazeb jako jsou mechanické zakotvení nátěru, vznik chemických vazeb mezi povrchem a nátěrem.

2.4.1.1 Otryskávání

Jde o způsob úpravy povrchu materiálu, při kterém je na povrch kovového materiálu velkou rychlostí vrhán tryskáci materiál, kdy se jednotlivá zrna tryskáčím médiem zasekávají do povrchu a vylamují zároveň s povrchovými nečistotami i částice kovu. Uvolňují se tedy ulpělé nečistoty a korozní zplodiny, ale současně dochází k plastické deformaci povrchu materiálu. Dosahuje se zdrsnění povrchu, které musí být optimalizováno, aby nedošlo k snížení ochranné funkce aplikovaného nátěru na tento

podklad. Vrcholky nerovností jsou pak pokryty velmi tenkou vrstvou nátěru, nebo k jejich pokrytí vůbec nedojde. Vznikají tak odhalená místa, které působí jako zárodky koroze.



Obr. č. 2.4 Vliv velikosti otryskávacího média na drsnost povrchu [45]

„Intenzita čištění povrchu při otryskávání je závislá na tvaru zrn, druhu tryskacího materiálu, jejich kinetické energii, na úhlu dopadu a vzdálenosti tryskače od předmětu.“ [4] Otryskávací medium musí být na povrch materiálu vrháno pod úhlem větším než 45° , aby nedošlo k špatnému čištění. Reliéf povrchu materiálu je závislý na druhu použitého tvaru zrna. Buď je povrch rovnoměrný s kulovými vrcholky (kuličkování, brokování ...) nebo nerovnoměrný s různě orientovanými záseky. Otryskaný povrch má velkou reaktivitu s okolním prostředím a dochází zde k velmi snadné a rychlé tvorbě oxidických filmů. Z toho to důvodu je důležité dodržet předepsanou dobu mezi otryskáváním a nanesením povlaku, abychom dosáhly co nejlepší přilnavosti nátěrového systému k povrchu materiálu.

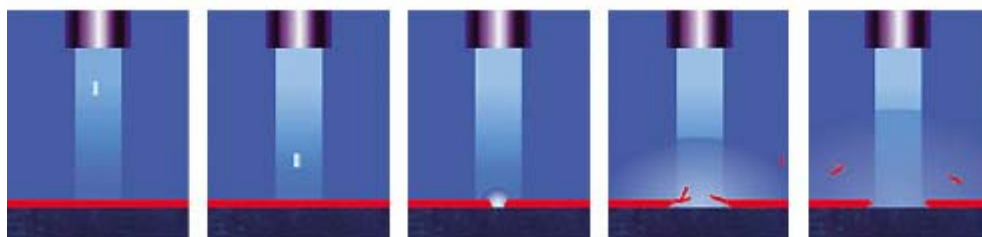
Pro dosažení technicky čistého povrchu je důležité zvolit správný otryskávací materiál. Volíme ho podle druhu povrchu, materiálu, stupně znečištění otryskávaného povrchu atd. Otryskávací materiál musí mít dobrý čistící účinek a nízkou prašnost, trvanlivost v provozních podmínkách, co nejmenší vliv na opotřebení lopatek metacích strojů, nízkou cenu atd.

Kovové otryskávací materiály se vyrábějí nejčastěji z litiny nebo oceli a patří zde sekaný drát, ocelová drť, ocelové kuličky, mletý korund, struska atd. Mezi nekovové patří křemičitý písek, korund, sklo atd.

Otryskaný povrch je velmi náchylný ke vzniku koroze. Je tedy bezpodmínečně nutné na něj v co nejkratším čase nanést vrstvu nátěrového systému.

2.4.1.2 Otryskávání suchým ledem

Při tryskání suchým ledem se používají měkké částičky suchého ledu (pelety - pevný CO_2) urychlené až do nadzvukové rychlosti. Při dopadu na čistěný materiál dochází k tzv. miniexplozím, které mají za následek odstranění nežádoucích nečistot a vrstev (viz obrázek č. 2.5). Částice suchého ledu se po nárazu rozpadají a rychle odpařují. Nedochází tedy k narušení čistěného povrchu. Tato metoda nezpůsobuje opotřebení čistěných povrchů. Je tedy dobrou volbou v případě, že chceme aby čistěný povrch zůstal hladký.



Obr. č. 2.5 Princip tryskání suchým ledem [43]

Oxid uhličitý je nehořlavá netoxická látka. Jde tedy o neabrazivní a elektricky nevodivou metodu čištění, která je šetrná k životnímu prostředí a není zdrojem sekundárních odpadů. Výhodou je, že umožňuje čistit většinu předmětů přímo na místě. Dokáže odstranit saze z knih, ale také strusku z nástrojů vznikající při procesu svařování. Používá se k odstranění zbytků produktů, znečišťujících látek, barev, olejů, biologických nánosů atd. tato metoda se využívá v letectví, automobilovém průmyslu (snadné odstranění maziva, zbytků po svařování), potravinářství (odstranění vrstvy mastnoty a jiných nečistot z pecí), slévárenství (čištění slévárenských forem), elektrotechnice atd. [43]

Účinnost čištění je dána tlakem stlačeného vzduchu, typem trysky, velikostí a hustotou pelet CO_2 , hustotou toku (počet částic dopadajících na jednotku povrchu za sekundu).

2.4.1.3 Kartáčování

Provádí se ručně nebo strojně pomocí kotoučových kartáčů a slouží k odstranění hrubých nečistot jako jsou např. rzi, staré nátěry atd. Kartáčováním se však neodstraní okuje. Vhodné je kartáčovat ve dvou stupních. Předčistit kartáčem se silnějšími dráty a

dočistit kartáčem s jemnými dráty. Nejčastěji se používají kartáče s ocelovými dráty, které jsou vlnité nebo rovné, kde záleží na průměru, délce a druhu použitých drátů. V neposlední řadě záleží i na kinetické energii, která je jim dodána. Pro zjemnění povrchu před leštěním použijeme kartáč s přírodním nebo umělým vláknem. Po kartáčování se v pórech kovu stále nacházejí korozní zbytky a proto se povrch vykazuje nízkou drsností.

2.4.1.4 Broušení

Je to třískové obrábění povrchu materiálu nástrojem, který je opatřen brusivem. Provádět se ručně nebo strojně, ale ruční způsob je méně účinný a měl by sloužit jen k dočišťování. Broušením jsou odstraňovány nečistoty a korozní zplodiny, současně jsou také odstraňovány nerovnosti povrchu. Účelem je dosáhnout povrchu požadované drsnosti. Výchozí povrch se vybrušuje na stále nižší drsnost a to 0,4 – 0,2 Ra.

„Postup broušení se volí podle stupně nerovnosti povrchu, kde při vybrušování postupujeme od hrubších brusiv k jemnějším. Hrubováním a hlazením odstraňuje větší a střední nerovnosti povrchu. K broušení se používají brusné kotouče nebo pásy, které mají nalepené brusné částice.“ [4] Brusné kotouče mohou být plstěné, látkové, dřevěné nebo pružně uložené lišty. Používají se pro hrubování a středně jemné broušení. Pro ostrohranné a rovinné předměty se používají tuhé kotouče, pro složitější tvary se však používají měkkí kotouče. Zrna na tvrdém kotouči mají větší úběr než na měkkém. Plstěné kotouče slouží k jemnému a střednímu broušení nebo se používají jako podložkové kotouče pod brusné pásy.

2.4.1.5 Leštění

Jde o odstraňování nejjemnějších stop po předchozím jemném broušení či kartáčování s účelem dosažení velmi nízké drsnosti pod $0,1 \mu\text{m}$ a požadované jakosti upravovaného povrchu. Při leštění povrchu dochází k vysokým lokálním teplotám, které mají za následek lokální přemístění mikroskopických převýšenin do míst prohlubenin. Tímto způsobem se nerovnosti na povrchu předmětu vyrovnají. Používá se leštící kotouč (plstěné, látkové) a leštící pasty při větších obvodových rychlostech. Leštící kotouče se vyrábí v různých provedeních a materiálem je textil. K leštění měkkých materiálu se

používají flanelové kotouče, které dosahují vysokého lesku. Pro tvrdší materiály se používají kolíkové kotouče, ale lesk povrchu je mnohem nižší.

2.4.1.6 Omílání

Jde o proces vzájemného odírání předmětů, omílajících těles, brusiva, kapaliny v otáčejícím se bubnu nebo zvonu, který je určen pro malé předměty. Při tomto procesu se povrch zpevňuje a zvyšuje se korozní odolnost. Odstraňuje se zde namáhavé ruční broušení a leštění. Snižuje se zmetkovitost a odstraňují se okuje. Nejpoužívanější omílací tělíska jsou křemenný písek, ocelové kuličky, válečky nebo kamenné oblázky. Nejúčinnější však jsou korundová tělíska. Při omílání můžeme dosáhnout drsnosti povrchu až 0,3 μm v závislosti na původní drsnosti povrchu. Důležité je také použít vhodný chemický přípravek. Ten převádí částice omletého materiálu do suspenze. Čistí se tím povrch předmětu a povrch omílacích tělísek. Celý proces může být ještě účinnější při použití odrezovacích přípravků.

V celém procesu omílání je tedy rozhodující druh a zrnitost brusiva, chemické přísady se smáčecím a inhibičním účinkem, prostorový poměr výrobků a brusiv, výše náplně v bubnu nebo zvonu, obvodová rychlost a doba omílání. Použitá zařízení se přizpůsobují výrobkům. Požívají se bubny nebo zvony, které jsou od nejmenších rozměrů až po stroje o objemu 200 litrů. [10]

2.4.2 Chemické úpravy povrchu

Způsob úpravy povrchu, při kterém chemická činidla reagují s nečistotami na povrchu materiálu a patří zde především odmašťování a moření.

2.4.2.1 Odmašťování

Jde o odstraňování všech druhů nečistot ulpěných na povrchu materiálu. Tyto nečistoty jsou k povrchu vázány fyzikální adsorpcí nebo adhézními silami. Odmašťovadla mají za úkol odstranit tyto nečistoty z povrchu materiálu a převést je do roztoku nebo emulze. Musí také zabránit jejich zpětnému vyloučení na povrch materiálu. Odmašťovadla



musí respektovat předpisy životního prostředí zejména u obsahu VOC látek v roztocích. Nejčastěji se používá:

- Odmašťování v alkalických prostředcích (do pH 10).
- Odmašťování v kyselých prostředcích (do pH 3,8).
- Odmašťování elektrolytické.
- Odmašťování v neutrálních roztocích.

2.4.2.2 Moření

Je to chemický proces při kterém dochází k odstranění oxidického povlaku rozpuštěním v kyselině z povrchu materiálu. Oxidické vrstvy jsou porézní. Těmito póry prochází kyselina (nejčastěji sírová nebo solná), která podleptává povlak. Vodík, který se uvolňuje ve formě bublinek napomáhá svým tlakem k odtrhávání oxidické vrstvy. Vodík má při moření i nepříznivý vliv. Difunduje do kovu zvyšuje nebezpečí vzniku vodíkové křehkosti. Po procesu moření se musí provést oplach teplou a studenou vodou. Poté následuje pasivace, aby se snížila reaktivita povrchu s okolím.

3 OCHRANA POVRCHU NÁTĚROVÝM SYSTÉMEM

Mezi nejčastěji používanou povrchovou úpravu před korozí kovového materiálu patří aplikace nátěrového systému. Před aplikací nátěrového systému musíme povrch vhodně upravit tak, aby nátěr dobře přilnul a současně jeho životnost a funkce nebyla nijak snížena. Nátěr se skládá z jedné nebo několika vrstev suché vytvrzené nátěrové hmoty. Skládá se z řady složek, které mohou být kapalné, polotuhé a tuhé látky (nebo jejich směsi), roztoky apod. Vhodně zvolenou technikou je nanášíme na podklad, kde vytvoří nátěrový film s požadovanými vlastnostmi. Kromě ochranné funkce musí nátěry splňovat i funkci estetickou. Musí mít určitý barevný odstín, určitý lesk a dobrou kryvost podkladového materiálu. Dle charakteristických vlastností se nátěrové hmoty dělí na transparentní (průhledné až průsvitné nátěrové filmy) a pigmentované (tvoří neprůhledný film).

3.1 DĚLENÍ NÁTĚROVÝCH HMOT

Jde o všechny hmoty, jejichž hlavní součástí jsou filmotvorné látky. Nanášejí se v tekutém, těstovitém nebo práškovém stavu na podklad. Vytváří se tak nátěr požadovaných vlastností. [9] Dělení:

- Dle podmínek použití
 - vnitřní (nátěry vnitřních omítek, nábytku atd.),
 - venkovní (dobře snášejí atmosférické podmínky a především sluneční záření),
 - speciální (nátěrové hmoty chemicky odolné, pro vysoké teploty, pod vodu atd.).
- Dle pořadí v nátěrovém systému
 - napouštěcí – určeny pro napouštění savých podkladů (dřevo, papír, beton, textil atd.),
 - základní – první nátěr nenatřeného nebo napuštěného podkladu,



- vyrovnávací – určeny pro vyrovnání povrchu podkladu a tmelových vrstev,
- podkladové – vrstva pod vrchní nátěr,
- vrchní – poslední vrstva nátěrového systému,
- maskovací – určeny pro maskovací účely (vojenské).

➤ Dle způsobu zasychání

- chemickými pochody – při tvorbě filmu probíhají chemické pochody, při kterých se z původních nízkomolekulárních látek stávají vysokomolekulární (fermez, bezrozpouštědlové nátěrové hmoty),
- fyzikálními pochody – zasychání probíhá odpařením rozpouštědel, kdy při tvorbě filmu se filmotvorná složka chemicky nemění,
- fyzikálně i chemicky – zasychání probíhá odpařením rozpouštědel a současně chemickou reakcí (epoxidové, polyuretanové nátěrové hmoty atd.).

➤ Dle podmínek zasychání

- na vzduchu schnoucí – zasychají za normálních podmínek okolního prostředí,
- vhodné k přisoušení – zasychají za normálních podmínek i při zvýšené teplotě,
- vypalovací – vytvářejí nátěr za zvýšené teploty chemickou reakcí,
- vytvrzované zářením – vytvářejí nátěr působením záření (např. UV záření),
- tavné – vytvářejí povlak roztavením a zchladnutím.

➤ Dle druhu rozpouštědla

- lihové,
- vodou ředitelné,
- bezrozpouštědlové. [9]

3.2 SLOŽKY NÁTĚROVÝCH HMOT

Pro výrobu nátěrových hmot se používá velké množství surovin. Rozhodující však je, aby tyto suroviny byly ekologické a šetrné k životnímu prostředí. Z těchto důvodů se klade velký důraz na to, aby obsah organických rozpouštědel v nátěrových hmotách byl co nejnižší. Mezi základní složky nátěrové hmoty patří filmotvorné látky, pigmenty, plniva, barviva, těkavé složky (rozpouštědla, ředidla), aditiva.

Základ nátěru tvoří filmotvorná látka a pigment, který má na jeho vlastnosti velký vliv. U každého nátěru jsou jeho ochranné vlastnosti podmíněny dvěma činiteli:

- Mechanické a chemické vlastnosti filmu – závisí na vlastnostech filmotvorné látky a jiných složek filmu.
- Soudržnost – spojení mezi filmem a natíraným povrchem – je určován fyzikálními a chemickými vlastnostmi natíraného povrchu, ale i silami, které na sebe vzájemně působí - povrch a materiál, který jej pokrývá. [9]

3.2.1 Filmotvorné látky

Mezi filmotvorné látky patří pojiva a změkčovadla, které tvoří podstatnou část nátěrové hmoty. Jsou to netěkavé složky pojiva, organického nebo minerálního původu, schopné samy o sobě vytvořit nátěr. Jejich charakter má vliv na jeho vlastnosti jako jsou odolnost, pružnost, přilnavost, tvrdost atd. Kombinací různých filmotvorných látek dosahujeme požadovaných vlastností nátěru. Nejčastější filmotvorné látky jsou přírodní a umělé živice (kalafuna, epoxidy), deriváty celulózy a kaučuku, vysychavé oleje (lněný, konopný), asfalty.

Působení filmotvorné látky a povrchu tuhého tělesa může mít povahu fyzikálně-chemickou nebo chemickou, ale i povahu mechanickou. Důležitou roli zde hraje smáčení, které způsobuje na povrchu tuhého tělesa četné pochody. Především dochází k adsorpci kdy se zvětšuje koncentrace nejpolarnějších molekul filmotvorných látek, které se orientují v určitých směrech k povrchu. K stabilizaci adsorbovaných a orientovaných molekul dochází při přeměně tekuté filmotvorné látky v tuhé skupenství bez ohledu na mechanismus této přeměny. Tvoří tak specifickou mezní vrstvu, která má u krycích filmů

důležitou úlohu. Adsorbované molekuly mezní vrstvy jsou spojovacím článkem mezi povrchem tuhého tělesa a veškerou hmotou tuhého filmu. S molekulami tohoto filmu jsou svázány mezimolekulární soudržnosti – kohezi. [8]

V závislosti na struktuře kovového povrchu a na přítomných nečistotách nastává přilnavost nátěrové hmoty na ploše povrchu. Nečistoty na povrchu izolují povrch kovu před stykem s filmotvornou složkou. Dochází tak ke špatnému smáčení nebo k žádnému smáčení.

3.2.2 Pigmenty

Jedná se o barevné prášky rozptýlené v pojivech a v nich nerozpustné. Nátěrovým hmotám dávají barevný odstín a kryvost. Patří zde organické, anorganické, antikorozi a celá řada efektivních pigmentů. Ve vhodném prostředí mají tedy krycí a vybarvovací schopnost nebo speciální vlastnosti např. antikorozi.

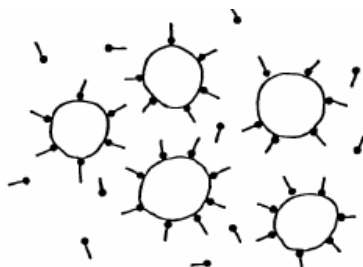
Další funkcí pigmentů v nátěru je vytvoření světlostálosti, aby vlivem slunečního světla neměnily barevné vlastnosti nátěru. Pigment s pojivem představuje heterogenní směs, ve které se jemně disperguje. Kvalita pigmentů závisí na vlastnostech fyzikálně-optických (krycí schopnost, barevnost), fyzikálních, chemických, technologických (velikost a tvar částic, dispergovatelnost). Pigmenty dělíme na inhibitorové pigmenty (suřík, zinková žula), neutrální pigmenty (kysličník železa), stimulující pigmenty (grafit, saze).

Správná volba pigmentu je kompromisem mezi jeho vyhovujícími technickými požadavky (vydatnost, odstín, kryvost, světlostálost, ekologická nezávadnost atd.) a cenovou úrovní. Po dlouhou dobu měli dominantní roli anorganické pigmenty díky své nízké ceně a dobré aplikační stálosti. V současné době se kvůli ekologickému omezení nebo přímému zákazu používání anorganických pigmentů s obsahem Pb^{2+} a Cr^{6+} rozrůstá důležitost použití organických pigmentů.

Tabulka č. 3.1 Nejpoužívanější netoxické antikorozi pigmenty [28]

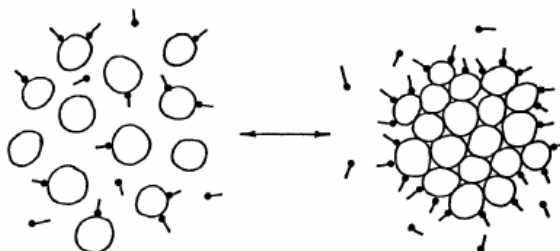
Netoxické antikorozi pigmenty	
Fosforečnany a jejich modifikace	Fosforečnan zinečnatý Fosforečnan zinečnato - hlinitý Modifikovaný trifosforečnan hlinitý
Boritany a jejich modifikace	Metaboritan barnatý, vápenatý
Křemičitany a jejich modifikace	Borokřemičitan vápenatý Fosfokřemičitan vápenato - barnatý
Kovové práškové pigmenty	Práškový zinek a práškový hliník
Molybdenany a jejich modifikace	Molybdenan zinečnatý Molybdenan zinečnato - vápenatý Fosfo – molybdenan zinečnatý
Iontoměničové pigmenty	Matrice SiO_2 s obsahem vápníku ve struktuře
Oxidy kovů	Oxid zinečnatý Spinely (oxid zinečnato – železitý)
Bariérové pigmenty	Železitá slída a skleněné vločky

Pigmenty se vzájemně liší v mechanických, chemických a jiných vlastnostech, které předávají finální nátěrové hmotě. Pro dispergaci aglomerovaných pigmentových částic se používají povrchově aktivní látky - smáčedla. Tyto amfoterní molekuly se adsorbují na povrch pigmentu takovým způsobem, že původní antagonistické povrchy jsou transformovány na kompatibilní. Při dostatečném množství povrchově aktivních látek budou částice pigmentu zcela dispergovány v kapalině monodisperzním způsobem. Dispergační molekuly prakticky pokrývají povrchy částic pigmentů, na které potom nepůsobí přitažlivé síly vedoucí ke vzniku aglomerátů (viz obrázek č. 3.1). [8]



Obr. č. 3.1 Interakce smáčedla na povrchu pigmentu [8]

Pokud nejsou žádné stabilizační molekuly přítomny v systému nebo pokud jsou povrchy části neúplně pokryty, mohou se pigmentové částice aglomerovat (viz obrázek č. 3.2). [8]



Obr. č. 3.2 Pigmentové částice s nízkou koncentrací povrchově aktivních látek [8]

Skutečný objem pigmentů se pojí na větší celky – aglomeráty, jelikož aglomerované částice vypuzují kapalinu nejen v mezerách mezi částicemi, obsaženou v objemu aglomerátu, ale také veškerou kapalinu mezi aglomeráty. Pigmentové systémy s menšími velikostmi částic budou obecně vyžadovat více dispergačních molekul, jelikož mají větší plochu povrchu na jednotkový objem. V případě, že nejsou přítomny žádné aglomerované částice pigmentu, jsou všechny částice zcela dispergovány a uskupení bude zaujímat své nejtěsnější uspořádání. Pro daný pigmentový systém je to nejvyšší hodnota KOKP, která může být dosažena. Důsledkem dispergace a aglomerace mají pigmentované pojivové systémy i různé reologické vlastnosti. [8]

Suchý pigment obsahuje primární částice ve shlucích, převážně v aglomerátech a méně v agregátech. Při pozorování pigmentu pouhým okem vidíme shluky částic, které jsou označovány jako sekundární. Podle velikosti sil působících mezi částicemi je rozlišujeme na agregáty, aglomeráty a flokuláty. Dispergace pigmentových částic spočívá ve třech navzájem propojených procesech. Jde o tyto fáze: [9]

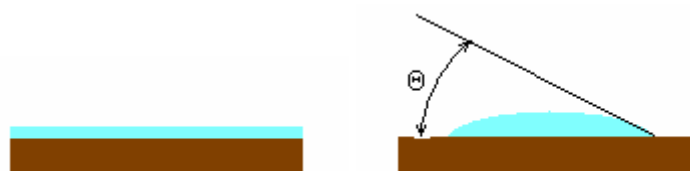
- Smáčení
- Rozdělování shluků
- Stabilizace

Smáčení pigmentových částic – při smáčení pigmentu dochází k vnitřnímu kontaktu mezi povrchem pigmentu a smáčecí kapalinou. Rychlost dispergace můžeme zvýšit použitím pojiva s vyšším obsahem rozpouštědel – nízkopojivová dispergace. Smáčivost pigmentu do pojiva závisí na povaze obou fází, tedy čím menší je rozdíl

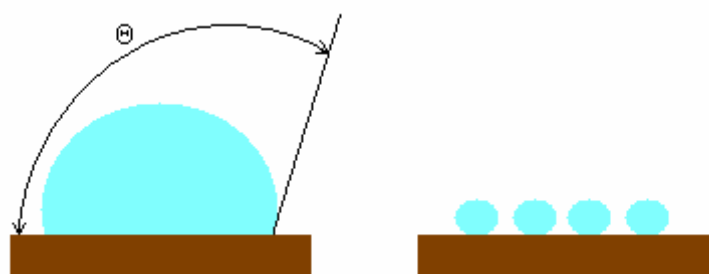
v polárnosti obou fází, tím dochází k snadnější a pevnější adsorpci kapalné fáze. K snadnému a samovolnému smáčení dochází tehdy, když je polarita obou fází stejná. Smáčivost pigmentu kapalinou charakterizuje úhle smáčení Θ . V případě, že se kapalina samovolně roztéká po povrchu pigmentu, je úhle roven nule a jde o tzv. dokonalou smáčivost. K dobrému smáčení dochází v případě, že úhel smáčení je $0^\circ < \Theta < 90^\circ$. Ke špatnému smáčení dochází v případě, že úhel smáčení je $90^\circ < \Theta < 180^\circ$. V případě, že úhel smáčení $\Theta = 180^\circ$ tvoří kapalina kuličky, které pigment nesmáčí (viz obrázek č. 3.3 a 3.4). [9]

Tabulka č. 3.2 Smáčení pigmentových částic

Úhel smáčení Θ	Smáčivost pigmentu kapalinou
$\Theta = 0^\circ$	Dokonalé smáčení – kapalina se samovolně roztéká po povrchu pigmentu
$0 < \Theta < 90^\circ$	Dobré smáčení
$90^\circ < \Theta < 180^\circ$	Špatné smáčení
$\Theta = 180^\circ$	Nesmáčivost – kapalina tvoří kuličky, které pigment nesmáčí



Obr. č. 3.3 Dokonalá smáčivost a dobré smáčení [9]

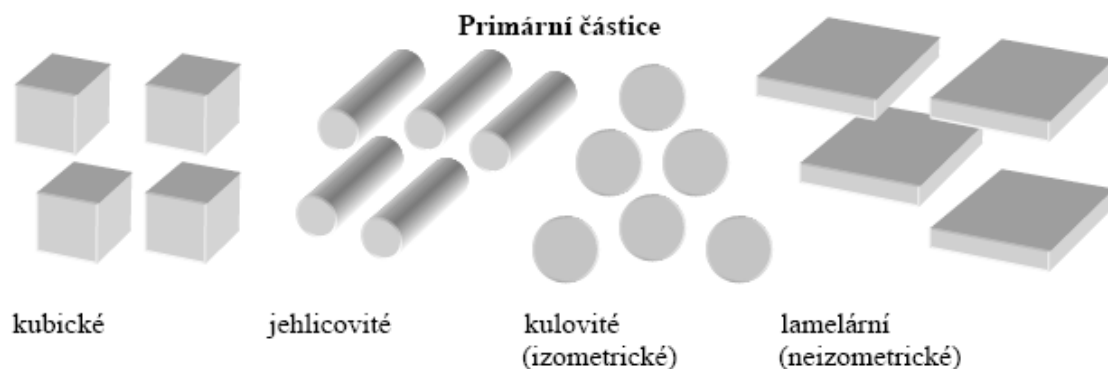


Obr. č. 3.4 Špatné smáčení a nesmáčení (kapalina tvoří kuličky na povrchu) [9]

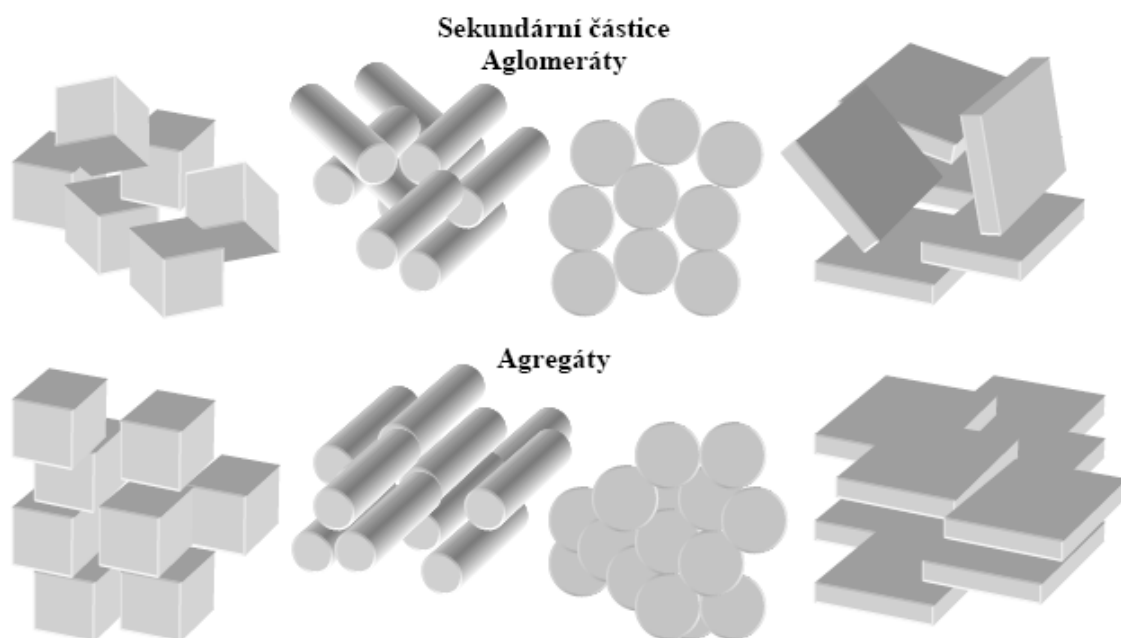
Rozrušování shluků pigmentových částic – pigment se většinou vyskytuje ve formě shluků, které se liší svou velikostí a pevností vazby mezi jednotlivými primárními částicemi. Při dispergaci se musí odstranit největší shluky částic, jejichž velikost se blíží svou velikostí aplikační tloušťce nátěrového filmu. [9]

Pigmenty se dělí na:

- Primární – vznikají při výrobě mokrým způsobem, kdy krystaly mají nepravidelný tvar a velikost od několika desetin do několika μm . Při sušení dochází ke shlukování do větších shluků – tvorba sekundárních částic (viz obrázek č. 3.5).
- Sekundární – dle pevnosti vazby mezi jednotlivými částicemi se dělí na:
 - *flokuláty* – soudržné síly mezi částicemi jsou nepatrné, proto je možné je rozrušit poměrně malými silami. Po ukončení silových působení se ovšem snadno tvoří zpět,
 - *aglomeráty* – jsou shluky primárních částic a z velké části i shluky agregátů, které jsou spojeny fyzikálními přitažlivými silami. Spojení je tvořeno dotýkajícími se hranami. Při dispergaci se rozrušují střihovými silami a zůstávají v rozrušeném stavu i po skončení mechanického namáhání. Potřebná síla k rozrušení aglomerátů je vyšší než k rozrušení flokulátů (viz obrázek č. 3.6),
 - *agregáty* – vytváří se při procesu výroby pigmentů slinováním. Primární částice jsou spojeny chemickými silami přes plochy krystalů. Jejich rozrušení je obtížné a dá se provést pouze mletím ještě ve fázi výroby pigmentu. Povrch ploch agregátů je vždy menší než povrch primárních částic. Pigmenty obsahující agregáty by neměly být přidávány do nátěrových hmot (viz obrázek č. 3.6). [9]



Obr. č. 3.5 Primární pigmentové částice[9]



Obr. č. 3.6 Sekundární pigmentové částice – aglomeráty a agregáty[9]

V dispergačních zařízeních jsou tyto shluky vlivem velkých sil rozrušovány na malé shluky až na samotné primární částice. Rozměňňování shluků napomáhá také adsorpce povrchově aktivních látek. [9]

Stabilizace a homogenizace – dochází k optimálnímu a rovnoměrnému rozdělení pigmentových částic. Jde o zajištění optimální vzdálenosti mezi jednotlivými částicemi a o celkovou stabilizaci chemického systému. [9]

3.2.2.1 Krycí schopnost – kryvost

Krycí schopnost neboli kryvost je schopnost pigmentu zabránit průchodu světla prostředím, ve kterém je dispergován. Můžeme ji definovat jako vlastnost zakrýt kontrastní podklad a tím zabránit jeho optickému projevu. Základní optickou vlastností je schopnost absorpce a rozptylu světla, které určují jeho krycí schopnost. Černé pigmenty dopadající světlo zcela absorbují a tím je dána jejich kryvost. Oproti tomu bílé pigmenty světlo absorbují jen málo, takže krycí schopnost je způsobena difúzním rozptylem (odraz a lom světla při průchodu fázovým rozhraním mezi částicemi) a vysokým indexem lomu.

K zakrytí kontrastního podkladu dojde při určité tloušťce zaschlého nátěru. Jedná se o kryvou tloušťku $^x D$, kdy její převrácenou hodnotou je kryvost a platí mezi nimi vztah: [8]

$$K = \frac{1000}{^x D} \quad (3.1) \quad [8]$$

K – kryvost v m^2 zakryté plochy s 1 litrem sušiny nátěrové hmoty [$\text{m}^2 \cdot \text{l}_{\text{snh}}^{-1}$]

$^x D$ – kryvá tloušťka [μm]

3.2.2.2 Index lomu η

Je dán poměrem rychlosti světla ve vakuu k rychlosti světla v daném prostředí. „Čím je index lomu látky vyšší, tím se v ní světlo šíří pomaleji, látku označujeme jako opticky hustší a naopak“. [28] Index lomu je velmi důležitou vlastností pigmentů, protože čím vyšší je hodnota indexu lomu, tím vyšší kryvost pigment má. Úzce souvisí s optimální velikostí částic. S klesající velikostí částic roste hodnota indexu lomu.

Pro rozptyl a odraz světla na částicích pigmentů je rozhodující relativní index lomu η_{rel} , který je dán poměrem indexu lomu pigmentu η_{pig} k indexu lomu pojiva η_{poj} . Čím vyšší je rozdíl indexu lomu pigmentu a pojiva, tím vyšší má pigment kryvost. [37]

$$\eta_{\text{rel}} = \frac{\eta_{\text{pig}}}{\eta_{\text{poj}}} \quad (3.2) \quad [37]$$

η_{rel} – relativní index lomu

η_{pig} – index lomu pigmentu

η_{poj} – index lomu pojiva

3.2.2.3 Objemová koncentrace pigmentů OKP

U nátěrových systémů je důležitá koncentrace pigmentu v pojivu, která se vyjadřuje jako *objemová koncentrace pigmentu (OKP)*. Je dána vzorcem:

$$OKP = \frac{V_{\text{pig}}}{V_{\text{pig}} + V_{\text{poj}}} \cdot 100\% \quad (3.3) \quad [37]$$

V_{pig} – objem pigmentu a plniva [m^3]

V_{poj} – objem pojiva [m^3]

Kryvost nejprve roste s objemovou koncentrací pigmentu, pak nabývá maxima a začíná klesat. Většina vlastností nátěru se výrazně změní pokud OKP vzroste nad mez nazývanou *kritická objemová koncentrace pigmentu (KOKP)*. V této fázi jsou již prostory mezi pigmentem a plnivem vyplněny pojivem. Je dána vzorcem:

$$KOKP = \frac{\frac{10000}{\rho}}{\frac{100}{\rho} + \frac{a}{0,93}} \quad (3.4) \quad [37]$$

ρ - hustota pigmentu v [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$] – ukazatel použitelnosti pigmentu

a – spotřeba oleje při smočení (g/100 g pigmentu – pasta požadovaných vlastností)

3.2.3 Plniva

Minerální látky (těživec, mastek), které jsou jemně rozemleté a nerozpustné v pojivech. Tvoří tzv. „kostru“ nátěrových filmů a vhodně upravují jejich technologické vlastnosti. Plniva by měly být co nejsvětlejší.

3.2.4 Těkavé složky - rozpouštědla

Jsou to organické sloučeniny, jejichž účelem je převést filmotvornou látku do formy roztoku. Každý roztok se skládá ze dvou složek, rozpouštědla a rozpuštěné látky. Složka, která je v přebytku je rozpouštědlo a v menším množství je rozpuštěná látka. Rozpouštědlem se označují souhrnně všechny látky, které rozpouští jinou látku. Nejdůležitějším a nejdostupnějším rozpouštědlem je voda. V průmyslu se používají nejčastěji organická rozpouštědla, která rozpouští filmotvorné látky a ředí nátěrové hmoty na vhodnou konzistenci pro vlastní aplikaci na povrch. Umožňuje tedy přenos pevné látky z jednoho místa na jiné vhodným způsobem. Po splnění své funkce musí být z nanesené vrstvy nátěrové hmoty odstraněno. Nejčastějším způsobem je odpaření v procesu schnutí. Rozpouštědla se nepoužívají jen do nátěrových hmot, ale také k výrobě odstraňovačů starých nátěrů nebo k odmašťování a čištění povrchů před aplikací nátěrové hmoty. Jejich využití je široké. [8]

Rozpouštědla musí splňovat řadu požadavků kladených na danou nátěrovou hmotu, její výrobu a aplikaci. Mají řadu technologických vlastností a mezi nejdůležitější patří rozpouštěcí síla, těkavost, stabilita, toxicita, hořlavost, barva. [8]

Klasifikace rozpouštědel dle:

➤ Chemické složení

- alifatické uhlovodíky (benzin extrakční, benzin lakový atd.),
- aromatické uhlovodíky (toluen atd.),
- chlorované uhlovodíky (dichlorethan, chlorbenzen atd.),
- nitroparafíny,
- alkoholy,
- ketony,
- estery,
- glykoletery.

➤ Charakteru působení na filmotvornou látku

- pravá (aktivní) – sama přímo rozpouštějí určitou filmotvornou látku,

- nepravá (latentní) – sama určitou filmotvornou látku nerozpouštějí, ale jsou schopná ji rozpouštět ve směsi s pravými rozpouštědly,
- ředidla – jsou určena k dodatečnému ředění nátěrových hmot před jejich použitím. Musí být schopná snižovat viskozitu nátěrové hmoty bez vysrážení filmotvorné látky. [8]

VOC (těkavá organická látka) je jakákoliv organická sloučenina nebo směs organických sloučenin složených z uhlíku (kromě methanu). Její počáteční bod varu při normálním atmosférickém tlaku (101,3 kPa) je menší nebo roven 250 °C. Těkavé organické látky definuje novela zákona o ovzduší č. 86/2002 Sb. a Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/42/ES. [53]; [54] K těkavým organickým látkám patří např. aceton, směsi ředidel, toluen, technický benzín a další. V současné době s ohledem na ekologické hledisko a snižování VOC látek se jako rozpouštědlo používá voda (vodou ředitelné nátěry).

3.2.5 Aditiva

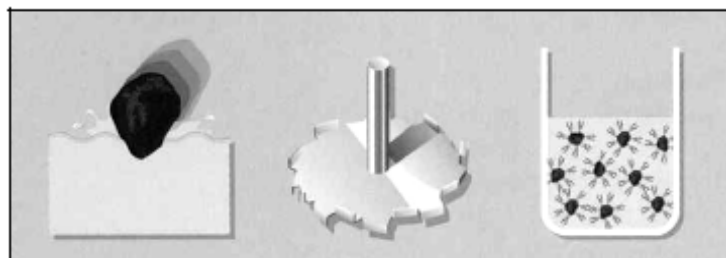
Jsou to přísady nátěrových hmot obsahující vysychavé oleje a základní složkou jsou kovová mýdla popřípadě jejich roztoky v organických rozpouštědlech. Přidávají se v malém množství, které upravuje určité vlastnosti nátěrových hmot. Zvyšují odolnost nátěru proti povětrnostním vlivům a proti napadení mikroorganismy a jejich použitím zabráňujeme tvorbě škraloupů, pění nátěrových hmot, potlačuje usazování pigmentů, zajišťuje dobrý rozliv a zvyšuje lesk. Mezi aditiva patří sušidla, emulgátory, stabilizátory, zvláčňovadla, urychlovače, inhibitory.

3.2.5.1 Dispergační aditiva

Základním principem výroby nátěrových hmot je dispergace neboli rozmělnění pevných shluků pigmentů a plniv v prostředí tvořeném roztoky pojiv. Proces dispergace pevných shluků pigmentů a plniv v pojivech se sestává ze tří stádií: [8]

- Smáčení pigmentů a plniv pojivy (vytěšňování adsorbovaného vzduchu a vlhkosti na povrchu pevných částic).

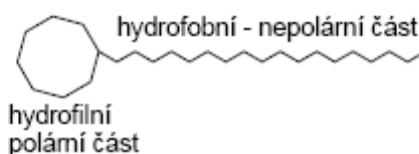
- Dispergace aglomerátů – shluků pigmentů a plniv.
- Stabilizace docíleného dispergovaného stavu suspenze pigmentů a plniv v pojivu. [8]



Obr. č. 3.7 Tři pochody – smáčení, dispergace, stabilizace [8]

Použité pojivo a jeho smáčecí vlastnosti ovlivňují dispergovatelnost pigmentů a plniv. Rychlost smáčení je závislá na výši mezipovrchového napětí. To je na rozhraní mezi pevným podílem a kapalným pojivem. Jeho hodnotu významně ovlivňuje typ použitého pigmentu (anorganický nebo organický typ) a jeho případná povrchová úprava. Proces dispergace lze usnadnit a urychlit přidávkou povrchově aktivních látek, které snižují povrchové nebo mezipovrchové napětí. Usnadňují vlastní proces smáčení povrchu pigmentů a plniv. Tyto látky se označují jako smáčecí aditiva nebo smáčedla. Pigmentová stabilita je u vodou ředitelných nátěrových systémech způsobena vzájemným elektrostatickým odpuzováním jednotlivých pigmentových částic. Jako dispergační aditivum jsou používány polyelektrolyty. Ty se adsorbují na povrchu pigmentů a přenášejí svůj elektrický náboj na pigment. Není podstatné zda je kladný nebo záporný. Hlavní je to, že všechny částice jsou nabitý stejným způsobem. [8]

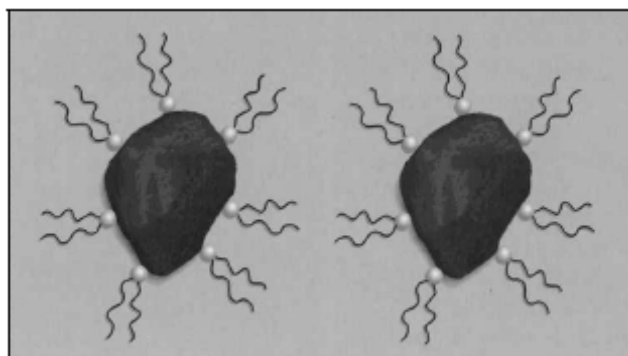
Povrchově aktivní látky – jde o smáčecí prostředky neboli smáčedla. Zabraňují sedimentaci, agregaci (koagulace), aglomerace (flokulace) a plavání dispergovaných pigmentů v průběhu skladování. Snižují povrchové nebo mezipovrchové napětí a jejich účinek se projevuje na povrchu kapalin nebo na mezipovrchovém rozhraní. Jsou to látky o značně rozdílné chemické struktuře (viz obrázek č. 3.8). Svým účinkem proces smáčení usnadňují.



Obr. č. 3.8 Struktura povrchově aktivní látky [8]

Povrchově aktivní látky obsahují ve své molekule dvě naprosto chemicky rozdílné skupiny, které se liší svou afinitou k disperznímu prostředí. V této molekule se kombinují dlouhá organická skupina s polární anorganickou skupinou. Hydrofilní polární část - polární skupina se vyznačuje dobrou afinitou a určitým stupněm rozpustnosti ve vodě. Hydrofobní (lipofilní) nepolární část – je dobře snášitelná s oleji a nesnášitelná s vodou. Důsledkem toho se povrchově aktivní látky orientují na povrchovém nebo mezi povrchovým rozhraní dvou fází, kdy polární skupiny jsou okolními molekulami vody přitahovány a nepolární skupiny jsou molekulami vody vypuzovány z vodné fáze. [8]

Smáčecí látky významně ovlivňují svým účinkem proces dispergace hydrofilních pigmentů v hydrofobních pojivech. Současně stabilizují vzniklou disperzi. Smáčecí látky mají dvě základní funkce – urychlují a usnadňují dispergační proces, stabilizují vzniklou disperzi. Dispergační mechanismus smáčela spočívá v tom, že povrchově aktivní látky pronikají svou hydrofilní částí vrstvou adsorbované vlhkosti na povrch pigmentu, kde se sami adsorbují. Nepolární části povrchově aktivní látky na sebe vážou hydrofobní pojivo. Následkem toho se hydrofobní molekuly pojiva pevně naadsorbují na povrch hydrofilní pigmentové částice (viz obrázek č. 3.9). [8]



Obr. č. 3.9 Schéma adsorpce povrchově aktivní látky na povrchu pigmentové částice [8]

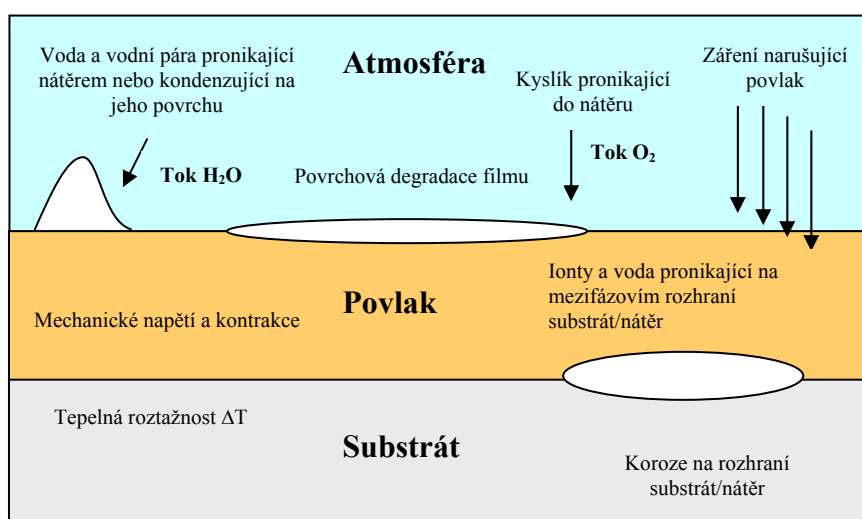
3.3 TEORIE PŘILNAVOSTI NÁTĚROVÉHO SYSTÉMU

Přilnavost je souhrn povrchových sil jejichž vlivem se navzájem přitahují částice různých látek. V případě stříkaných materiálů je proces adheze velmi složitý jev a při vytváření mechanismu adheze předpokládáme následující vlivy:

- Mechanické zakotvení tekutých částic do základního materiálu.
- Uplatnění vzájemného působení fyzikálních sil.
- Chemické spolupůsobení směřující k mikrosvaru částic, tedy ke vzniku pevných chemických vazeb kovalentního nebo kovového typu, metalurgické procesy, které probíhají v těsné blízkosti vzniklých mikrosvarů. [2]

Především čistota povrchu a délka časové prodlevy nanesení nátěru má vliv na přilnavost nátěru. Nátěr by měl být nanesen na povrch téměř okamžitě bez prodlevy času po provedení povrchové úpravy materiálu. Délka prodlevy vytváří podmínky pro vznik oxidace a koroze povrchu kovu.

Běžným projevem selhání ochranné funkce povlaku je koroze kovového podkladu pod povlakem. Korozi podléhá nejen kov, ale i samotný povlak. Jeho aplikací na povrch kovu se vytváří tzv. bariéra proti působení okolního prostředí (viz obrázek č. 3.10). Ta není zcela ideální, protože je více či méně propustná pro různé látky jako jsou voda, kyslík a další. Organický povlak chrání adhezně bariérovým mechanismem, ale také inhibičně, elektrochemickým mechanismem nebo jejich kombinací. Na celkových ochranných vlastnostech nátěru se významně podílí stupeň přilnavosti, tloušťka, propustnost pro korozní média, nasákavost, inhibiční účinky pigmentů, kvalita předúpravy povrchu a další. [11]

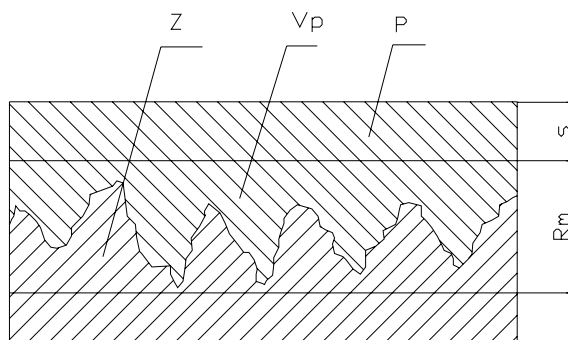


Obr. č. 3.10 Schéma vztahů mezi organickým povlakem, podkladem a okolím [8]

3.3.1 Vliv otryskávání na přilnavost nátěrového systému

Pro výběr technologií přípravy povrchu, metod a prostředků musíme přihlížet k mnoha činitelům a to především k druhu kovového výrobku, k druhu použitých materiálů a jejich chemickému složení, stavu povrchu výrobku, rozměrům, konstrukci a množství výrobku atd..

Při přípravě povrchu musíme dosáhnout určité předem stanovené drsnosti, abychom mohli nátěr aplikovat a musíme vzít v potaz další veličiny (kromě drsnosti) při vytváření povlaku na otryskaném povrchu. Zejména se jedná o skutečnou velikost povrchového objemu, který se musí vyplnit pro úplné zakrytí nejvyšších vrcholků nerovností (viz obrázek č. 3.11).



Obr. č. 3.11 Schématické znázornění příčného řezu povlakem na otryskaném povrchu [10]

V_p – povrchový objem,

s – tloušťka povlaku nad maximální nerovností povrchu,

P – povlak,

Z – základní materiál,

R_m – maximální výška nerovností.

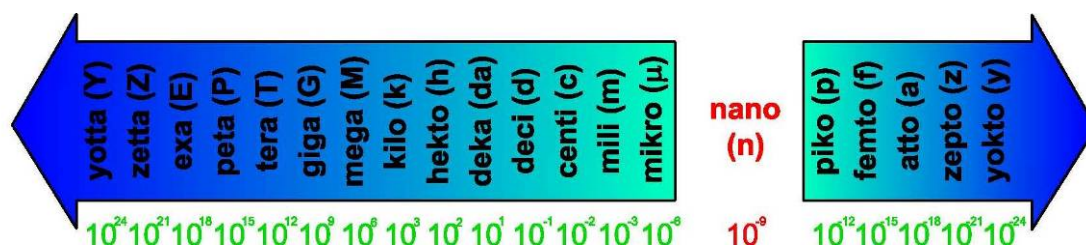
4 NANOTECHNOLOGIE

Nanotechnologie je vědní obor, který se zabývá studiem a zkoumáním materiálů, systémů a zařízení v rozměrech nanometrů. V současné době se uplatňuje v mnoha oborech a vědních oblastech jako např. strojírenství, stavebnictví, elektronika, medicína atd. „Jednou z mnoha oblastí je i technologie nano-vrstvy, která se zabývá vlastnostmi povrchů a jejich modifikací, která je má co nejlépe přizpůsobit našim potřebám“. Cílem je tvorba miniaturních struktur a částic ze stavebnice periodické soustavy prvků, které slouží k výrobě látek a materiálů oplývající nových vlastnostmi, výrobě miniaturních strojů a celých systémů. [35]

NANO znamená jednotkovou předponu soustavy SI vyjadřující $1 \cdot 10^{-9}$ násobek základní fyzikální jednotky (metru) (viz tabulka č. 4.1). Pochází z řeckého slova, v překladu *trpaslík*. Částice s takto malým rozměrem může mít vlastnosti naprosto odlišné od makroskopických vlastností, protože se zde začínají projevovat vlastnosti kvantové fyziky.

Tabulka č. 4.1 Předpony soustavy SI [50]

10^n	Předpona	Znak	Název	10^n	Předpona	Znak	Název
10^{24}	Yotta	Y	Kvadrilion	10^{-1}	Deci	d	Desetina
10^{21}	Zetta	Z	Triliarda	10^{-2}	Centi	c	Setina
10^{18}	Exa	E	Trilion	10^{-3}	Mili	m	Tisícina
10^{15}	Peta	P	Biliarda	10^{-6}	Mikro	μ	Miliontina
10^{12}	Tera	T	Bilion	10^{-9}	Nano	n	Miliardtina
10^9	Giga	G	Miliarda	10^{-12}	Piko	p	Biliontina
10^6	Mega	M	Milion	10^{-15}	Femto	f	Biliardtina
10^3	Kilo	k	Tisíc	10^{-18}	Atto	a	Triliontina
10^2	Hekto	h	Sto	10^{-21}	Zepto	z	Triliardtina
10^1	Deka	da	Deset	10^{-24}	Yokto	y	Kvadriliontina



Obr. č. 4.1 Přehled předpon soustavy SI

Tak malý úsek si jen těžko dokážeme představit. Pro srovnání prachová částice má průměr 20 μm , buňky červených krvinek 5 μm , částice sazí 2 μm , velikost bakterií 1 μm , virů 100 nm, barevná skvrna oleje na kaluži 50 nm, molekula DNA se pohybuje v rozmezí 2,5 až 12 nm.

Nanotechnologie zahrnuje různé obory nanovědy a nanotechnologie, které se zabývají studiem vlastností, chování, vytvářením struktur o velikosti 10^{-7} až 10^{-9} m alespoň v jednom rozměru. Konstrukčními prvky nanotechnologie jsou molekuly a dokonce i samotné atomy. Zahrnuje oblast vědy a technologie, jejímž cílem je cílené a přesné ovládání jednotlivých atomů a molekul tak, aby vznikl nějaký objekt nebo struktura s novými vlastnostmi, které lze pochopit a ovládnout. [12]

Zajímavou charakteristikou je obrovský nárůst poměru plochy povrchu k objemu částic nanomateriálu, kde tento poměr velmi silně ovlivňuje většinu chemických a fyzikálních vazeb na hranicích zrn materiálu. Chování nanočástice se již neřídí zákonitostmi běžné fyziky. *Nanotechnologie* je výzkum a technologický vývoj na atomové, molekulární nebo makromolekulární úrovni (1-100 nm). Je to také vytváření a používání struktur, zařízení, systémů, které nabývá díky svým malým rozměrům nové vlastnosti a funkce. *Nanověda* je studium hmoty na atomové a molekulární úrovni, kde se vlastnosti výrazně liší od vlastností při větších rozměrech. [12]

Nanotechnologii můžeme rozdělit do tří skupin:

- Mokrá nanotechnologie – zabývá se studiem biologických systémů, které existují hlavně na mokré cestě.
- Suchá nanotechnologie – zaměřuje se na výzkum struktur na bázi uhlíku, křemíku a jiných anorganických struktur.
- Výpočetní nanotechnologie – umožňuje modelování a simulaci komplexních nanostruktur. [12]

Využití nanotechnologie:

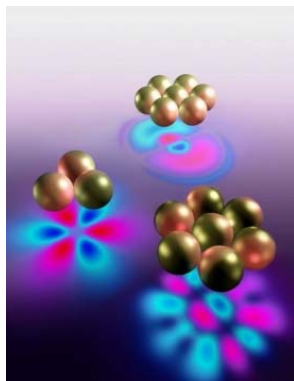
- Medicína – pro terapii a likvidaci nádorů, tumorů pomocí magnetických nanočástic oxidu železa. Cílená doprava léčiv na určené místo pomocí

nanočástice. Kontrastní látky pro nukleární magnetickou rezonanci, implantáty a další.



Obr. č. 4.2 Nanobot v krevním řečišti [46]

- Strojírenství – samočistící oděru vzdorné látky, kompozitní materiály, superpevné materiály, obráběcí nástroje.
- Elektronika – logické obvody na molekulární úrovni, fotomateriály, fotočlánky s dlouhou životností, čidla, detektory, vysokokapacitní záznamová média.



Obr. č. 4.3 Struktury z kuliček obalených zlatem [47]

- Kosmický průmysl – nová vysoce účinná paliva, odolné povrchy.

Nástroji nano jsou fyzikální zařízení, které jsou používány k specifickým funkcím. Nástroji nanotechnologie jsou přístroje, které měří, pozorují a manipulují s atomy a molekulami. Bez takovýchto nástrojů by neexistovala nanověda ani nanotechnologie. Můžeme tedy říci, že nástroje jsou srdcem nanovědy a nanotechnologie. Základ těchto nástrojů tvoří Elektronová mikroskopie (TEM – transmisní elektronová mikroskopie, SEM – skenovací elektronová mikroskopie), Atomární sondová mikroskopie (STM – rastrovací

tunelová mikroskopie, AFM – mikroskopie atomárních sil), X-Ray spektroskopie (XRD – rentgenová difrakce). [24]

Vědci a inženýři neustále objevují a přinášejí nové materiály, které dříve neexistovaly. Tyto materiály jsou používány v širokém rozmezí v mnoha odvětvích (medicína, strojírenství, energetika ...). Jedinečné chování materiálů o rozměrech 100 nm a méně je to, co je dělá velmi atraktivními pro rozvíjení nových aplikací. Tato velikost však také vyvolává otázku vlivu dopadu použití nanomateriálu na životní prostředí a zdraví lidí. Tyto materiály se chovají odlišně než klasické materiály. Můžeme předpokládat, že některé z nich mohou být pro člověka a jeho organizmus prospěšné, jiné naopak mohou být velice toxické. Je mnoho způsobů jak tyto vlivy můžeme studovat. Alternativou může být testování na zvířatech. Kdy některé příznaky, které se projeví u zvířat mohou být stejné jako u lidí. Výsledky však mohou být pouze informativního charakteru. Zde však vyvstává otázka zda je humánní testování na zvířatech. Je důležité mít také na paměti, že každý člověk je odlišný. Někteří jsou více citliví, jiní méně. Každý tedy může reagovat naprosto odlišně. Příkladem toho může být obyčejná alergie, kdy někteří mají na určitou látku alergickou nežádoucí reakci a jiní zase ne. Nanotoxikologie je nový obor, který hodnotí vliv toxicity nanočástic na zdravý organizmus. [24]

Otázkou zůstává také dopad na životní prostředí. Musíme si uvědomit zda a jak moc nanomateriály vstupují do životního prostředí. V současnosti však tato otázka zůstává stále nezodpovězena. Chování jednotlivých nanomateriálů je velmi unikátní, což může naznačovat, že i dopad na životní prostředí může být velmi odlišný a unikátní. [24]

4.1 NANOČÁSTICE

Příprava nanočástic je možná dvěma způsoby. Chemickou metodou a fyzikální metodou. Nanotechnologie a nanověda mění způsob toho jak materiály vyrábíme a výrobní metody nejsou výjimkou.

Chemické metody – jde o nejpoužívanější metodu, jejíž principem je vznik a pomalý růst kovových jader. Vhodnými podmínkami můžeme připravit částice požadovaných tvarů a velikostí. Během přípravy je snazší kontrolovat výslednou velikost nanočástic. Druhy chemických metod pro přípravu nanočástic:



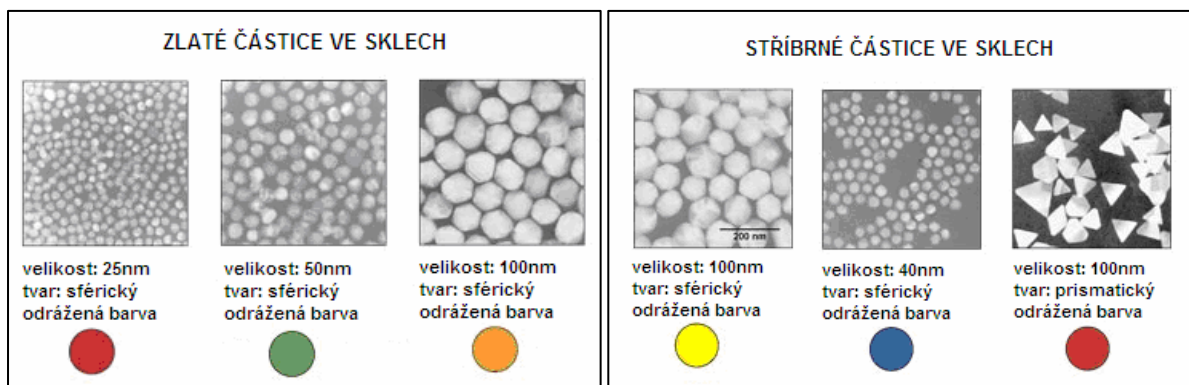
- Redukce v plynné fázi – jde o redukci vodíkem při vysoké teplotě postupných ochlazováním. Částice jsou přeneseny do vody v plynné fázi a na jejich povrchu se vytvoří oxidační skořápka, částice se suší a dále se mohou modifikovat.
- Elektrochemická metoda – tato metoda umožňuje připravit nanočástice požadované velikosti ve velkém měřítku. Dochází zde k oxidaci iontů kovů, dále k jejich redukci a nakonec stabilizované částice agregují okolo kovových jader a poté se vysráží nanočástice.
- Řízené chemické spolusrážení – do roztoku je přidáváno vhodné srážedlo se správným pH, které zajišťuje kontrolované chemické srážení. Nanočástice se dotvářejí stárnutím, filtrací, praním a sušením.
- Chemická kondenzace par – kondenzace částic v řízené atmosféře. [48]

Fyzikální metody – vyprodukované částice bývají proměnlivě veliké, kdy se jejich velikost pohybuje od 10 nm výše. Nanočástice připravujeme například mechanickým mletím hrudkových materiálů a stabilizací vzniklých částic přidáním chránících činidel. Tuto metoda se praxi využívá méně z toho důvodu, že produkovat částice požadované velikosti je poměrně obtížné. Druhy fyzikálních metod pro přípravu nanočástic:

- Vysokoenergetické mletí kulovým mlýnem – principem je rozbití hrubých zrn na mikro nebo nano částice. Dochází k neustálým srážkám kulových částic, které narušují velikost jednotlivých zrn na nanostruktury.
- Ultrazvukové brokování – zpevňování dávkami ultrazvuku – jde o výrobu nanočástic za pomoci vysokofrekvenčních ultrazvukových zařízení.
- Těžká plastická deformace – jde o deformaci makrostruktur při nízkých teplotách a vysokých tlacích. [48]

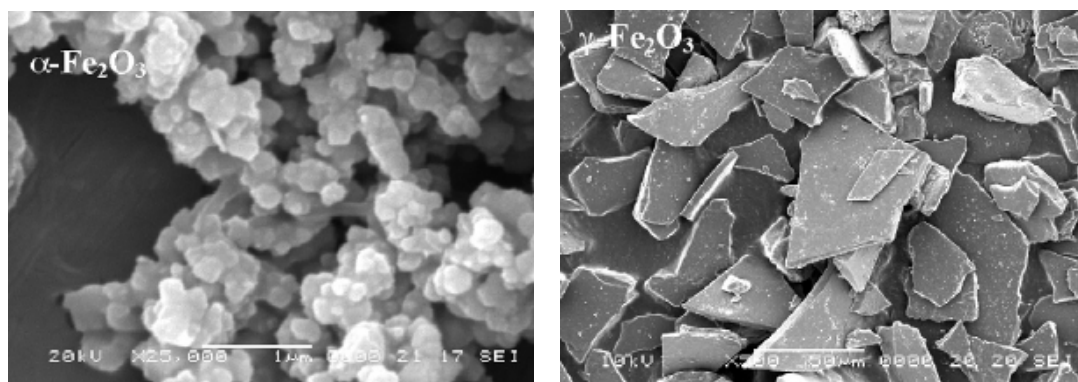
Jednotlivá velikost nanočástice dokáže značně ovlivnit její vlastnosti jako jsou např. bod tání, elektrickou vodivost, barvu atd. Tento poznatek dává novou možnost jak řídit vlastnosti materiálů. Stačí měnit velikost částice a chemické složení není zapotřebí měnit.

Nanočástice zlata a stříbra dle své velikosti mění barvu. Větší zlaté kuličky mají zelenou nebo oranžovou barvu. Menší kuličky ze stříbra zase modrou (viz obr. 4.4). Tohoto efektu se využívalo již v minulosti pro zabarvení vitráží či jiných materiálů. Závislost výsledné barvy na velikosti částic však bude mít větší uplatnění např. v medicíně jako detekční metoda.



Obr. č. 4.4 Částice zlata a stříbra [40]

Nanočástice Fe, Fe_2O_3 , Fe_3O_4 a FeO přinášejí kvalitativní skok do mnoha oborů pro jejich elektrické, magnetické a optické vlastnosti, které jsou odlišné od klasických mikročástic. Významné jsou i jejich katalytické vlastnosti, zejména pro schopnost pokrýt z gramu látky relativně velkou plochu a pro chemickou stabilitu oxidů (na rozdíl od nanočástic čistých kovů). Nanočástice Fe mají vynikající redukční účinek, který se využívá při dekontaminacích a detoxikacích. Využívají se proto jako pigmenty laků, barev a nátěrových hmot, dále v kosmetice, v lékařství, jako UV filtry, katalyzátory, absorbery, senzory, ferity, jako abrazivo atd. [35]



Obr. č. 4.5 Částice oxidu železa [35]

4.2 VLASTNOSTI NANOPOVLAKŮ

Nanočástice dokáží významně ovlivnit mnohé specifické vlastnosti povlaků. Vlastnosti povrchu můžeme modifikovat a upravovat pomocí vrstev založených na chemické nanotechnologii. A to tak, aby co nejlépe vyhovovali našim potřebám. Můžeme upravovat tyto vlastnosti:

- Samočistící schopnost (easy to clean) – povrch je nelepivý a nedochází k ulpívání nečistot. Projevuje se u něj tzv. samočistící efekt, kdy se nečistoty nabalují na kapky vody a stékají pryč. Větší znečištění tak lze odstranit pouze vodou a není zapotřebí používat agresivní čistidla.
- Impregnace (odpudivost vody a olejů) – je snižená sací schopnost materiálu, čímž voda i olej na povrchu vytváří drobné kapky a stékají.
- Odolnost proti oděru a poškrábání – plochy jsou mechanicky i chemicky odolné.
- Ochrana proti korozi – Na materiálech se vytváří ochranný film, který zamezuje vzniku a šíření koroze. Životnost výrobků ošetřených nanopovlaky je několikrát vyšší než u neošetřených povrchů.
- Ochrana proti stárnutí materiálů – nanopovlak chrání před různými nepříznivými vlivy jako chemickými a mechanickými, povětrnostními atd. Prodlužuje se tak životnost ošetřených předmětů.
- Odolnost proti bakteriím a plísním – ošetřený povrch nedovoluje usazování bakterií a plísní. Tyto povrchy jsou pak čisté a hygienicky nezávadné.
- Nezamlžování. [49]

5 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Cílem disertační práce je studium vlivu charakteru povrchu podkladového materiálu a vstupních složek povlaků na přilnavost ochranných povlaků. Práce spočívá ve studiu otryskaného povrchu, studiu čistoty a zaprášení povrchu, drsnosti povrchu a kotvícího profilu povrchu. Návrh nátěrových systémů a jejich aplikace. Studium korozní odolnosti nátěrových systémů.

Experimentální nátěrové systémy budou obsahovat pigment o velikosti částic mikrorozměru a nanorozměru. Pigment se do jednotlivých druhů nátěrových systémů bude vmíchat v určitém procentuálním množství. První fáze testování bude zahájena při 2 - 3 hm.% a bude se postupně zvyšovat od 2 - 3 hm.% do 7 - 8 hm.%. Snahou je porovnat jak se chovají jednotlivé velikosti pigmentů při stejném hmotnostním procentuálním složení ve stejném nátěrovém systému. Zjistit jaké množství nanočástic pigmentu je potřeba pro docílení krátkodobé protikorozní ochrany a do jaké míry ovlivní kladně nebo záporně nátěrový systém.

Cílem je:

- Studium povrchu materiálu po otryskání, stanovení čistoty a zaprášení povrchu materiálu.
- Příprava experimentálních nátěrových systémů s 2 - 3 hm.%, 4,5 – 5,5 hm.%, 7 - 8 hm.% částic pigmentu klasického rozměru a nanorozměru.
- Aplikace nátěrových systémů.
- Studium adheze nátěrových systémů s pigmenty o klasickém rozměru a nanorozměru k podkladovému materiálu.
- Studium vlastností nátěrových systémů s pigmenty o klasickém rozměru a nanorozměru.
- Porovnání vlastností nátěrových systémů s pigmenty o klasickém rozměru a nanorozměru.
- Studium a porovnání vlastností nátěrových systémů s pigmenty o klasickém rozměru a nanorozměru vystavených koroznímu prostředí.



6 METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

- Hodnocení čistoty povrchu dle ČSN EN ISO 8501-1.
- Hodnocení zaprášenosti povrchu dle ČSN ISO 8502-3.
- Měření drsnosti podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287.
- Určení kotvícího profilu povrchu podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 8503-5.
- Analýza pigmentových částic v klasickém rozměru a nanorozměru metodou AFM (mikroskopie atomárních sil) a SEM (skenovací elektronová mikroskopie).
- Zhotovení nátěrů s pigmenty o klasickém rozměru a nanorozměru.
- Měření tloušťky mokrého a suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808.
- Stanovení přilnavosti mřížkovou zkouškou dle ČSN EN ISO 16276-2.
- Stanovení lesku nátěrového systému dle ČSN EN 13 523-2.
- Stanovení korozní odolnosti zkouškou v umělé atmosféře – zkouška solnou mlhou dle ČSN ISO 9227.
- Zrychlená ponorová zkouška odolnosti nátěru proti podkorodování dle ČSN 67 3087.
- Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky dle ČSN EN ISO 2431.
- Analýza nátěrových systémů s obsahem částic klasického rozměru a nanorozměru metodou SEM (skenovací elektronová mikroskopie) a analýza nátěrových systémů s obsahem nanočástic metodou AFM (mikroskopie atomárních sil).

7 EXPERIMENTÁLNÍ ZKOUŠKY A MĚŘENÍ

7.1 VIZUÁLNÍ HODNOCENÍ ČISTOTY POVRCHU PO OTRYSKÁVÁNÍ DLE ČSN EN ISO 8501-1

Vizuální hodnocení čistoty povrchu dle ČSN EN ISO 8501-1 – *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu – Část 1: Stupně zrezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků.*

Tato norma stanovuje stupeň přípravy povrchu po otryskávání a stupeň zarezivění povrchu. Stupeň přípravy povrchu je označen příslušnými písmeny, které udávají typ použité metody čištění. Číslem se značí stupeň očištění od okují, rzi a předchozích nátěrů. Povrchy očištěné otryskáváním jsou označeny písmeny Sa, ručním a mechanizovaným čištěním písmeny St, čištění plamenem písmeny FI.

Tabulka č. 7.1 Stupeň čistoty povrchu dle ČSN EN ISO 8501-1

Stupeň čistoty	Intenzita otryskání	Popis povrchu
Sa 1	Lehké otryskání	Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, málo přilnavých okují, rzi, nátěrů a cizích látek.
Sa 2	Důkladné otryskání	Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, bez většiny okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Všechny zbylé nečistoty musí být pevně přilnavé.
Sa 2 1/2	Velmi důkladné otryskání	Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, bez většiny okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Všechny zbylé stopy nečistot musí vykazovat pouze lehké zabarvení ve formě skvrn nebo pruhů.
Sa 3	Otryskání až na vizuálně čistý ocelový povrch	Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, bez většiny okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Povrch musí mít jednotný kovový vzhled.

Tabulka č. 7.2 Stupeň zarezavění povrchu dle ČSN EN ISO 8501-1

Stupeň zarezavění	Popis povrchu
A	Povrch oceli je z velké části pokryt přilnavou vrstvou okují, ale téměř bez rzi.
B	Na povrchu oceli se začala tvořit rez a z povrchu se začaly odlupovat okuje.
C	Povrch oceli, ze kterého odkorodovaly okuje nebo ze kterého je lze oškrábat, a který vykazuje mírnou korozi viditelnou prostým okem.
D	Povrch oceli, ze kterého odkorodovaly okuje, a který vykazuje celkovou rovnoměrnou důlkovou korozi (pitting) viditelnou prostým okem.

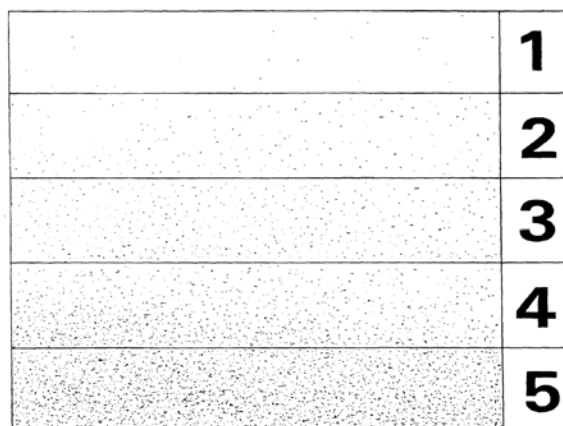
7.2 HODNOCENÍ ZAPRÁŠENÍ POVRCHU DLE ČSN ISO 8502-3

Hodnocení čistoty povrchu dle ČSN ISO 8502-3 – *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu* – Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání (metoda snímání samolepící páskou).

Tato norma popisuje metodu pro hodnocení množství a velikosti prachových částic ulpěných na povrchu po čištění ocelového povrchu. Transparentní adhézní páska v délce 200 mm je nalepena na ocelový povrch, poté je sejmuta pod úhlem 180°. Následně je páska nalepena na podklad s kontrastní barvou vůči prachovým částicím. Vyhodnocení se provede vizuálně porovnáním s obrazovou stupnicí množství prachu. Třída velikosti prachových částic se vyhodnocuje dle převládající velikosti částic ulpěných na pásce. [56]

Zkušební prostředky a pomůcky:

- Adhézní páska – bezbarvá, průhledná, samolepící.
- Podklad pro zobrazení v kontrastní barvě.
- Lupa – zvětšení 10x.



Obr. č. 7.1 Obrazová stupnice odpovídající množství prachu dle ČSN ISO 8502-3

Tabulka č. 7.3 Třídy velikosti prachových částic dle ČSN ISO 8502-3

Třída	Popis prachových částic
0	Částice neviditelné při zvětšení 10x
1	Částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50 µm v průměru)
2	Částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50 µm a 100 µm v průměru)
3	Částice jasně viditelné prostým okem (částice do 0,5 mm v průměru)
4	Částice mezi 0,5 mm 2,5 mm v průměru
5	Částice větší než 2,5 mm v průměru

7.3 MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU DLE ČSN EN ISO 4287

Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287 – *Geometrické požadavky na výroby (GPS)* – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu.

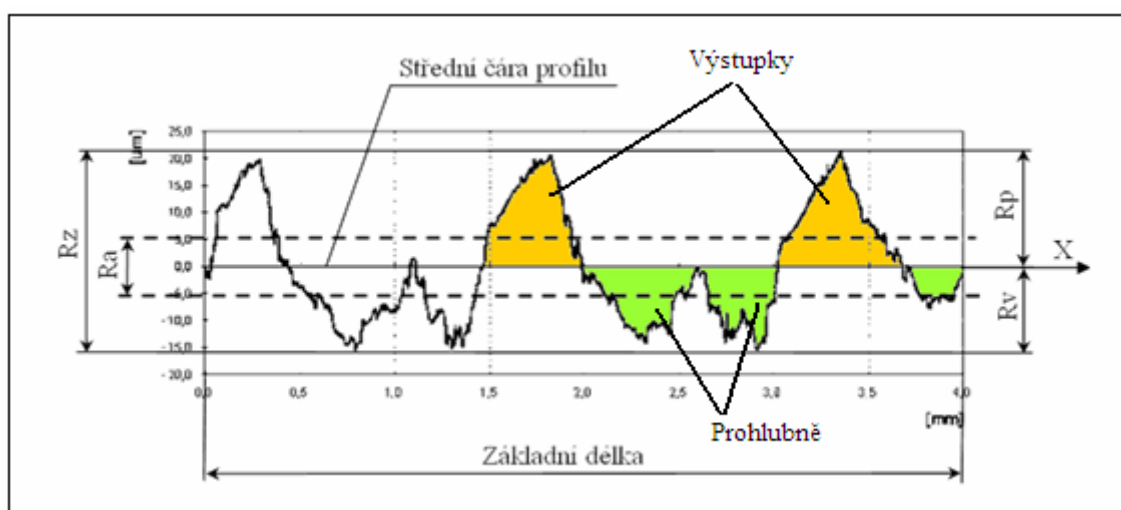
Norma stanoví termíny, definice a parametry pro určování struktury povrchu (drsnost, vlnitost a základní profil) profilovou metodou. [57]

Drsnost povrchu charakterizují jednotlivé parametry měření drsnosti:

- λ_c – filtr profilu definující rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti

- R_a – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [μm]
- R_z – maximální výška profilu [μm]
- R_q – kořenová průměrná čtvereční odchylka profilu [μm]
- R_p – největší výška výstupku profilu [μm]
- R_v – největší hloubka prohlubně profilu [μm]
- R_{sk} – šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie) [-]
- R_{ku} – špičatost posuzovaného profilu [-]

Měření bylo provedeno přístrojem Mitutoyo Surftest – 301. Profil povrchu materiálu je získán dotykovou metodou pomocí snímacího hrotu přístroje.



Obr. č. 7.2 Profil drsnosti povrchu materiálu [27]

7.4 STANOVENÍ KOTVÍČÍHO PROFILU POVRCHU DLE ČSN EN ISO 8503-5

Stanovení kotvícího profilu povrchu dle ČSN EN ISO 8503-5 – *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Charakteristiky drsnosti povrchu otryskaných ocelových podkladů – Část 5: určení profilu povrchu páskou metodou repliky.*

Norma stanovuje metodu pro určení profilu povrchu. Na daný povrch je nalepena páska pro vytvoření repliky, která je tvořena stlačitelnou plastickou mikropěnou nanesenou na polyesterový podklad o velice rovnoměrné tloušťce $50 \pm 2 \mu\text{m}$. Na tvrdém povrchu se mikropěna zmáčkne na 25% své původní tloušťky. Vrstva pro vytvoření repliky se za pomoci přitlačného nástroje tře jemným tlakem až veškerá plocha ztmavne. Páska se sejme z povrchu a replika se umístí mezi dotykové měřicí plochy mikrometru. Odečítá se průměrná hodnota maximální vzdálenosti od vrcholu k prohlubni. Pro zjištění skutečného profilu povrchu materiálu je zapotřebí odečíst od naměřené hodnoty tloušťku pásky. [58]

Zkušební prostředky a pomůcky:

- Páska pro vytvoření repliky.
- Mikrometr.
- Přitlačný nástroj.



Obr. č. 7.3 Sada pro stanovení kotvícího profilu

7.5 STANOVENÍ VÝTOKOVÉ DOBY VÝTOKOVÝMI POHÁRKY DLE ČSN EN ISO 2431

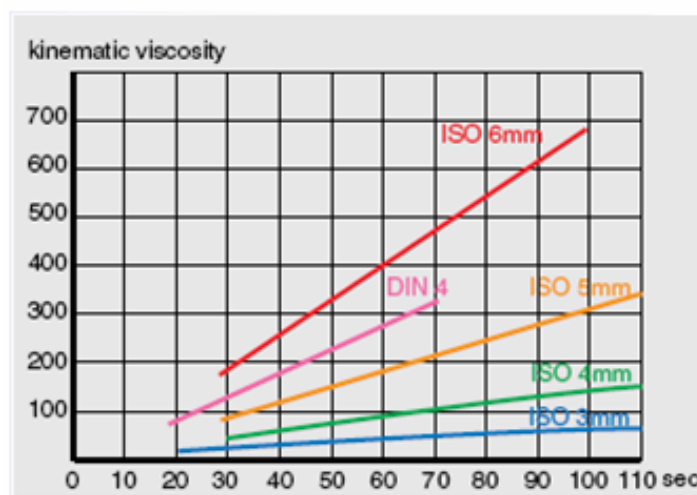
Nátěrové hmoty – *Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky dle ČSN EN ISO 2431.*

Norma stanovuje postup měření kinematické viskozity nátěrového systému. Rozměry výtokového pohárku a výtokové trysky jsou přesně stanoveny a uvedeny

v normě. Výtokové trysky se pohybují o průměru 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm. Vybere se takový výtokový pohárek, který pro zkoušený materiál má výtokovou dobu mezi 30 až 100 s. Pod výtokový pohárek se umístí vhodná nádoba. Výtokový pohárek se pomalu naplní nátěrovým systémem tak, aby se zabránilo vzniku vzduchových bublin. Pomocí stěrky se horní okraj pohárku naplněný nátěrovým systémem zarovná po celém okraji. Sejme se prst z výtokového poháru a současně se spustí časoměrné zařízení (stopky). To se zastaví, jakmile se poprvé přeruší souvislý proud vzorku těsně u otvoru. Provádí se dvě měření, přičemž jednotlivá měření se nesmí lišit o více jak 5 %. Výtoková doba je stanovena z průměru těchto dvou měření. Na jejím základě se odečte kinematická viskozita z grafu kalibrační křivky pro pohárek s tryskou. Pokud se měření od sebe liší o více jak 5 % provádí se další měření. [59]

Zkušební prostředky a pomůcky:

- Výtokový pohárek.
- Výtokové trysky o průměru 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm.
- Stěrka.
- Stopky – časoměrné zařízení.



Obr. č. 7.4 Kalibrační křivka pro pohárek s tryskou [44]



Obr. č. 7.5 Výtokový pohárek [44]

7.6 STANOVENÍ TLOUŠŤKY MOKRÉHO A SUCHÉHO NÁTĚROVÉHO SYSTÉMU DLE ČSN EN ISO 2808

Stanovení tloušťky mokrého a suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
- *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky.*

7.6.1 Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrového filmu měřícím hřebenem

Norma určuje způsob kontroly tloušťky mokrého filmu aplikovaného na povrchu. Tloušťka mokré vrstvy se měří pomocí měřícího hřebenu vyrobeného z korozivzdorné oceli, který není napadán rozpouštědly nátěrového systému. Vnější zuby hřebenu tvoří základní linii a vnitřní zuby jsou postupně zkracovány. Tvoří tak odstup mezi základní linií zubů a daným zubem. Měřící hřeben se pevně přiloží na nanesenou vrstvu nátěrového systému k podkladu. Zuby hřebenu musí být kolmo k rovině povrchu. Na zubech se odečte tloušťka mokré vrstvy dle posledního potřísněného zubu měřky nátěrovým systémem. [60]



Obr. č. 7.6 Měřící hřeben pro stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrového systému

7.6.2 Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového filmu

Pro stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového filmu byl použit nedestruktivní postup (magnetický způsob). Pomocí elektronického tloušťkoměru ELCOMETER 456 (rozsah 0-1500 μm), který pracuje na principu elektromagnetické indukce – měří odpor magnetického toku, který se mění se změnou měřené tloušťky.



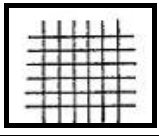
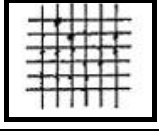
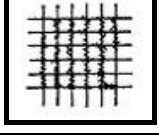
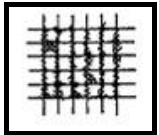
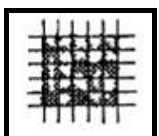
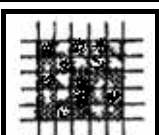
Obr. č. 7.7 Tloušťkoměr ELCOMETER 456

7.7 STANOVENÍ PŘILNAVOSTI MŘÍŽKOVOU ZKOUŠKOU DLE ČSN EN ISO 16 276-2

Mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-2 – *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku* – Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez.

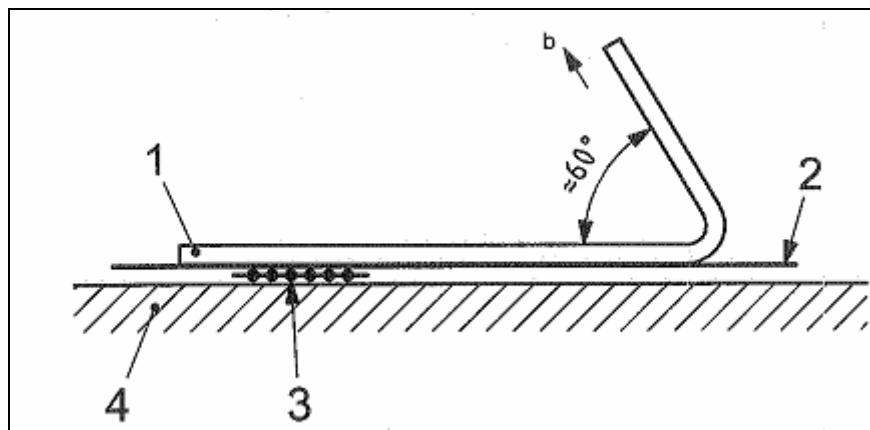
Metoda je destruktivní a hodnotí odolnost nátěrových systémů vůči adheznímu a koheznímu poškození řezem. Zkouška je vhodná pro povlaky o tloušťce suché vrstvy nátěru do 250 μm . Postup zkoušky se provádí dle ČSN EN ISO 2409. Do nátěrového systému se vytvoří mřížka pomocí vodička nebo šablony, která je tvořena vzájemně kolmými a rovnoběžnými řezy až k podkladu. Rozestupy řezů jsou dány dle tloušťky nátěru. Na vzniklé řezy je pevně umístěna samolepící páska v délce 75 mm rovnoběžně s jedním svazkem vytvořených řezů. Páska se stáhne pod úhlem přibližně 60°. Vyhodnocení mřížky se provádí dle ČSN EN ISO 2409 a je vyjádřeno stupněm odpovídajícím poškození vytvořené mřížky. [61]

Tabulka č. 7.4 Klasifikace zkušebních výsledků mřížkové zkoušky dle ČSN EN ISO 2409

Klasifikace	Popis	Vzhled plochy poškozené mřížky
0	Řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen.	
1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozená plocha nesmí přesahovat 5%.	
2	Nátěr nepatrně poškozen podél řezů a jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen o více než 5% a méně než 15% celkové plochy.	
3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15%, ale menší než 35%.	
4	Na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35%, ale méně než z 65%.	
5	Změny, které jsou větší než u stupně 4.	

Zkušební prostředky a pomůcky:

- Vodítko pro vytvoření mřížky.
- Řezný nástroj.
- Štěteček.
- Průhledná samolepící páska - šířka pásky 50 mm, přilnavost 6 - 10 N na 25 mm šířky (stanoveno dle IEC 60454-2) dle ČSN EN ISO 16 276-2.
- Lupa s dvojnásobným až trojnásobným zvětšením.



Obr. č. 7.8 Poloha samolepicí pásky před odstraněním z mřížky dle ČSN EN ISO 2409

(1 – páska, 2 – povlak, 3 – řezy, 4 – podklad, b – směr odstranění)

7.8 STANOVENÍ LESKU NÁTĚROVÉHO SYSTÉMU DLE ČSN EN 13 523-2

Stanovení lesku nátěrového systému dle ČSN EN 13 523-2 – *kontinuálně lakované kovové pásy – zkušební metody* – Část 2: zrcadlový lesk.

Lesk je optická vlastnost povrchu, charakterizována svojí schopností odrážet světlo. Norma stanovuje postup metody měření. Vzorek s nátěrem se umístí pod měřicí přístroj a zaznamená se hodnota lesku. Provádí se nejméně tři měření na různých částech vzorku při specifické geometrii (60°, 20°, 85°). Výsledek zrcadlového lesku je průměr těchto hodnot.

Zkušební prostředky a pomůcky:

- Leskoměr s 60° geometrií – ZGM 1022 GLOSSMETER.

7.9 KOROZNÍ ZKOUŠKA SOLNOU MLHOU DLE ČSN EN ISO 9227

Zkouška solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227 - Korozní zkoušky v umělých atmosférách - Zkoušky solnou mlhou.

Norma ČSN EN ISO 9227 stanoví přístroje, chemikálie a postup pro zkoušky v mlze neutrálního roztoku chloridu sodného (NSS), v mlze okyseleného roztoku chloridu sodného (AASS), a v mlze okyseleného roztoku chloridu sodného a chloridu měďnatého (CASS), kterými se zjišťuje protikoroziční odolnost kovových materiálů jak nechráněných, tak i s ochrannými povlaky nebo s dočasnou protikoroziční ochranou. [63]

Koroziční zkouška solnou mlhou je provedena metodou NSS – v mlze neutrálního roztoku chloridu sodného. Zkouška probíhá ve zkušební komoře, kde je zajištěno pravidelné rozprašování solné mlhy při stálé teplotě. Roztok je připravován při teplotě 25 ± 2 °C, kde do destilované nebo deionizované vody se rozpustí takové množství chloridu sodného, aby vznikla koncentrace o hodnotě 50 ± 5 g/l. Zkušební vzorky s řezem až k podkladu musí být umístěny lícovou stranou nahoru pod úhlem sklonu 15° až 30° ke svislici. Doporučené doby zkoušky v normě jsou 2 h, 6 h, 24 h, 48 h, 96 h, 168 h, 240 h, 480 h, 720 h, 1000 h. [63]

Zkušební zařízení :

- Koroziční komora typ S400 M-TR, Leibisch.

Provozní podmínky solné komory LEIBISCH S400 M-TR:

- Tlak vzduchu $3 \div 4$ bar
- Tlak vody $2,5 \div 3$ bar
- Průtok vody 0,45 l/hod
- Teplota prostředí 35 ± 2 °C
- Teplota navlhčovače 55 °C
- Vlhkost 100 %
- Solná mlha - 5 % vodný roztok NaCl

Orientační návrh výpočtu doby koroziční odolnosti v prostředí se stupněm koroziční agresivity C5.

V tomto návrhu výpočtu předpokládáme korozní odolnost maximálně 10 let v prostředí C5, kde tato doba odpovídá 720 hodinám expozice povlaku v korozní komoře s prostředím solné mlhy.

Tabulka č. 7.5 Korozní odolnost

Korozní odolnost	
Simulovaná doba v korozní komora	Realita - skutečnost
720 h	cca 10 let
72 h	cca 1 rok
6 h	cca 1 měsíc



Obr. č. 7.9 Korozní komora typ S400 M-TR, Leibisch

7.9.1 Hodnocení defektů a intenzity změn vzhledu nátěrů dle ČSN EN ISO 4628-1

Hodnocení defektů a intenzity změn dle ČSN EN ISO 4628-1 – *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity změn vzhledu* – Část 1: Obecný úvod a systém klasifikace.

Norma definuje postup pro klasifikaci množství a velikosti defektů a intenzity změn vzhledu nátěrů. Klasifikace velikosti defektů se provádí pomocí číselné stupnice.

Tabulka č. 7.6 Číselné schéma pro klasifikaci velikosti defektů dle ČSN EN ISO 4628-1

Klasifikace	Velikost defektů
0	Neviditelný bez desetinásobného zvětšení.
1	Viditelný pouze při zvětšení do desetinásobku.
2	Právě viditelný prostým okem nebo s korekcí zrakových vad.
3	Zřetelně viditelný pouhým okem nebo s korekcí zrakových vad (do 0,5 mm).
4	0,5 mm až 5 mm.
5	Větší než 5 mm.

7.9.2 Hodnocení stupně puchýřkování nátěrů dle ČSN EN ISO 4628-2

Hodnocení stupně puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 – *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu* – Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování.

Norma popisuje postup pro hodnocení stupně puchýřkování nátěrů porovnáním s obrázkovými standardy, které znázorňují puchýřky o velikosti 2, 3, 4 a 5 a každou tuto velikost v množství (hustotě) 2, 3, 4 a 5. [67]

7.9.3 Hodnocení stupně prorezavění nátěrů dle ČSN EN ISO 4628-3

Hodnocení stupně prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 – *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu* – Část 3: Hodnocení stupně prorezavění.

Norma popisuje postup stanovení stupně prorezavění nátěrů porovnáním s obrázkovými standardy, znázorňující ocelové povrchy s nátěrem, které jsou poškozeny v různém rozsahu současně prorezavěním pronikajícím nátěrem a viditelným podkorodováním. Ri – stupeň prorezavění - charakterizuje stupeň vytvořeného prorezavění (rez pronikající na povrch a viditelné podkorodování) na nátěru. [68]

Tabulka č. 7.7 Stupeň prorezavění a plocha s výskytem rzi dle ČSN EN ISO4628-3

Stupeň prorezavění	Plocha s výskytem rzi [%]
Ri 0	0
Ri 1	0,05
Ri 2	0,5
Ri 3	1
Ri 4	8
Ri 5	40 až 50

7.9.4 Hodnocení stupně delaminace a koroze nátěrů v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8

Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 – *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu* – Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu.

Na zkušebním vzorku s nátěrem, který je opatřen řezem, se po expozici v korozním prostředí může vyskytnout delaminace a koroze, nebo kombinace obou jevů. Norma popisuje metodu hodnocení delaminace a koroze v okolí řezu na zkušebním vzorku s povlakem způsobených korozním prostředím. Stanovení plochy delaminace a koroze se provádí výpočtem nebo pomocí obrazových standardů, které jsou uvedeny v této normě. [69]

7.10 ZRYCHLENÁ PONOROVÁ ZKOUŠKA ODOLNOSTI NÁTĚRU PROTI PODKORODOVÁNÍ DLE ČSN 67 3087

Zrychlená ponorová zkouška odolnosti nátěrů proti podkorodování dle ČSN 67 3087 – *Postup dle Machu a Schiffmana – Laboratorní zkoušky ochranné účinnosti nátěrů na kovech*.

Zkouška byla provedena dle normy ČSN 67 3087, její účinnost byla zrušena bez náhrady. Norma platí pro zkoušení schopnosti nátěrů na oceli, zinku a pozinkované oceli,

hliníku a slitinách hliníku chránit podkladový kov proti podkorodování v místě poškození v prostředí definované touto normou. [61] Norma uvádí tři pracovní postupy:

Postup A: je určen pro nátěry na oceli.

Postup B: je určen pro nátěry na zinku a pozinkované oceli.

Postup C: je určen pro nátěry na hliníku a slitinách hliníku.

Zkouška byla provedena na nátěrových systémech zhotovených na ocelovém podkladu (*postup A*). Do zhotoveného nátěrového systému se provede řez 70 mm dlouhý, který musí proniknout až k podkladu. Vzorky se umístí do roztoku, který je definovaný normou tak, aby mezi nimi byla vzdálenost 15 mm. Zkušební roztok se v průběhu zkoušky udržuje při teplotě $37 \pm 0,5$ °C. Vzorky jsou ponechány v roztoku určitou dobu stanovenou dle normy. Zkouška se provádí v rozsahu 1 až 3 cyklů. Po skončení každého cyklu se vzorky vyjmou a opláchnou destilovanou vodou, poté jsou ponechány na vzduchu při teplotě 23 ± 2 °C. Po skončení posledního cyklu se vzorky vyjmou, opláchnou třikrát destilovanou vodou a vysuší se při teplotě 40 ± 1 °C po dobu 30 až 60 minut. [64]

Doba trvání zkoušky:

- Postup A: 16 h v prostředí (roztoku), 8 h na vzduchu

Použitý roztok pro postup A:

Chlorid sodný	50 g
Kyselina octová (100%)	10 ml
Peroxid vodíku (30%)	5 ml
Destilovaná voda do 1000 ml	
pH = 2,6 až 3,0	

Zkušební prostředky a pomůcky:

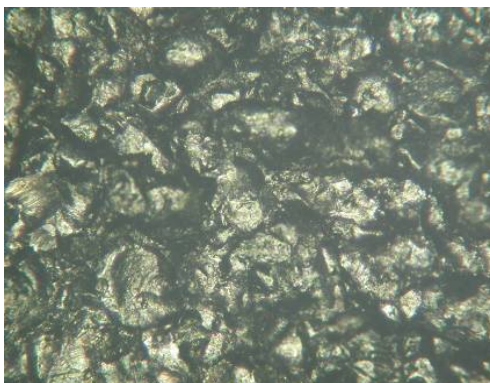
- Sušící pec typ KBC G-100/250.
- Termostat typ MLW ME.
- pH metr PICCOLO PLUS HI 1295 (digitální pH metr a teploměr).

8 VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍCH MĚŘENÍ

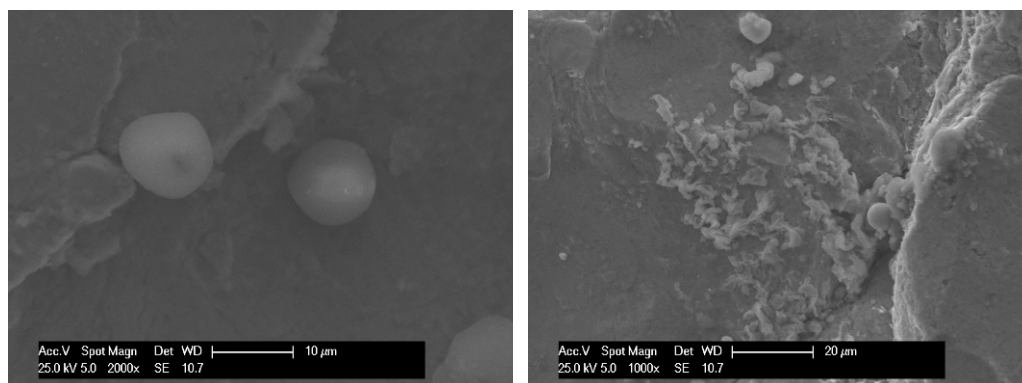
Pro experimentální práce byly použity vzorky o rozměru 100 x 150 x 3 mm vyrobené z oceli o jakosti Kosmalt E 300 T (viz příloha č.1 – Metalurgický certifikát ocelového plechu) dodané firmou Vítkovice Power Engineering a. s.. Tato ocel se používá pro výrobu konstrukcí, které mají odolávat atmosférickým vlivům. Vzorky byly otryskané tryskacím materiálem GRITS GP18. Jde o ocelovou ostrohrannou drť o střední tvrdosti, která se v průběhu tryskání rovnoměrně zakulacuje. Je vhodná především pro přípravu povrchu před dalšími operacemi a pro čištění od okují.

8.1 ČISTOTA POVRCHU DLE ISO 8501 A ZAPRÁŠENÍ POVRCHU DLE ISO 8502-3

Čistota povrchu se určila dle výše uvedené normy. Na základě fotografických snímků povrchů, které byly pořízeny při zvětšení 100x na optickém mikroskopu Neophot 2, byl stanoven stupeň přípravy povrchu u všech vzorků na Sa 2 ½ - velmi důkladné otryskání. Stupeň zarezavění povrchu byl určen jako A - povrch oceli je z velké části pokryt přilnavou vrstvou okují, ale téměř bez známek rzi.



Obr. č. 8.1 Fotografie povrchu otryskaného vzorku, zvětšení 100x



Obr. č. 8.2 SEM snímek (SE) povrchu otryskaného vzorku zvětšení 2000x a 1000x

Při otryskávání došlo k zatryskání tryskacího média do povrchu materiálu. Současně byl vzorek značně zamaštěn, kdy docházelo na povrchu k smíchání mastnoty s prachem a tryskacím médiem (viz obr. č. 8.2)

Označení vzorků

Byl zvolen systém značení vzorků pomocí velkých písmen a číslic. Písmena označují jednotlivé typy nátěrových systémů (dle procentuálního množství obsahu pigmentu) a typ částic (klasické částice a nanočástice). Číslice určují jednotlivý typ provedených zkoušek. Př. značení GK1 – nátěr s obsahem 2 – 3 % klasických částic určený pro zrychlenou ponorovou zkoušku bez poškození řezem v nátěrovém systému.

Písmena:

- GP - referenční vzorky před aplikací nátěrů
- GK - nátěr č. 1 s obsahem 2 – 3 % klasických částic ZP 10
- GN - nátěr č. 1 s obsahem 2 – 3 % nanočástic ZP 10
- HK - nátěr č. 1 s obsahem 4,5 – 5,5 % klasických částic
- HN - nátěr č. 1 s obsahem 4,5 – 5,5 % nanočástic ZP 10
- IK - nátěr č. 1 s obsahem 7 – 8 % klasických částic ZP 10
- IN - nátěr č. 1 s obsahem 7 – 8 % nanočástic ZP 10
- BK - nátěr č. 2 s obsahem 2 – 3 % klasických částic ZP 10
- BN - nátěr č. 2 s obsahem 2 – 3 % nanočástic ZP 10
- CK - nátěr č. 2 s obsahem 4,5 – 5,5 % klasických částic ZP 10





- CN - nátěr č. 2 s obsahem 4,5 – 5,5 % nanočástic ZP 10
- DK - nátěr č. 2 s obsahem 7 – 8 % klasických částic ZP 10
- DN - nátěr č. 2 s obsahem 7 – 8 % nanočástic ZP 10

Číslice:

- 1 - zrychlená ponorová zkouška bez řezu v nátěrovém systému
- 2 - zrychlená ponorová zkouška s řezem v nátěrovém systému
- 3 - korozní zkouška bez řezu v nátěrovém systému
- 4 - korozní zkouška s řezem v nátěrovém systému
- 5 - referenční vzorky s nátěry

Zaprášení povrchu se určilo dle normy na referenčních vzorcích. Vyhodnocení se provedlo pomocí lupy (zvětšení 10x) a stanovilo se množství zachyceného prachu na pásce a třída velikosti částic prachu.

Tabulka č. 8.1 Výsledky čistoty a zaprášenosti povrchu

Vzorek č.	Stupeň přípravy povrchu	Stupeň množství zachyceného prachu	Třída velikosti prachových částic	Fotodokumentace pásky po zkoušce
GP1	Sa 2 ^½	4	3	
GP2	Sa 2 ^½	4	3	
GP3	Sa 2 ^½	4	3	
GP4	Sa 2 ^½	5	4	

8.2 MĚŘENÍ DRSNOSTI PODKLADOVÉHO MATERIÁLU DLE ČSN EN ISO 4287

Pro měření drsnosti byly určeny referenční vzorky z toho důvodu, že se předpokládá přibližně stejná drsnost u všech vzorků tryskaných stejným tryskacím médiem.

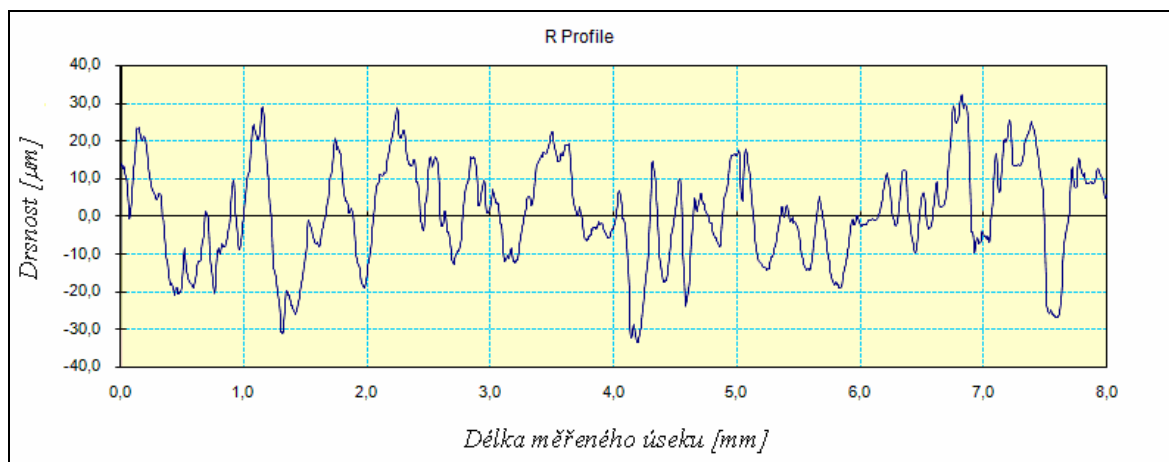
Měření drsnosti bylo provedeno 10x na každém typu vzorku přístrojem Mitutoyo Surftest – 301 (viz příloha č. 3), naměřené hodnoty byly zprůměrovány a zapsány do tabulky. Měření probíhalo dle ISO 1997, $\lambda_c = 8 \text{ mm}$, $L = 8 \text{ mm}$.

Tabulka č. 8.2 Parametry měření drsnosti povrchu

Nastavení přístroje			
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	λ_c	2,5 mm
Range	AUTO	Filter	GAUSS

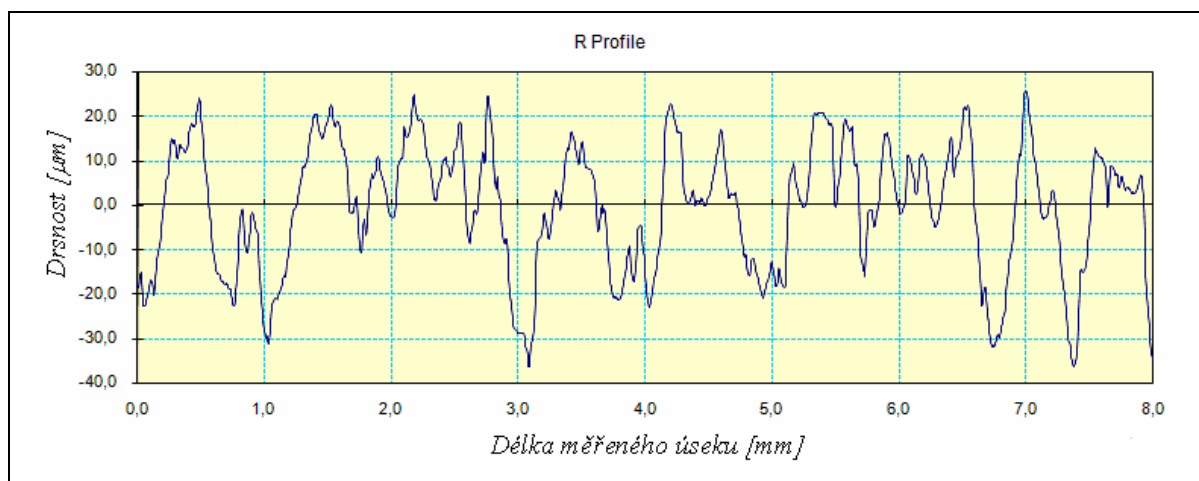
Tabulka č. 8.3 Průměrná drsnost referenčních vzorků GP

Vzorek č.	$\varnothing R_a$ [μm]	$\varnothing R_z$ [μm]	$\varnothing R_q$ [μm]	$\varnothing R_p$ [μm]	$\varnothing R_v$ [μm]	$\varnothing R_{ku}$ [-]
GP1	11,64	61,61	14,60	38,45	43,44	2,95
GP2	12,57	61,47	15,61	36,42	40,32	2,70
GP3	12,90	65,10	15,84	41,71	43,59	2,99
GP4	14,95	57,68	15,87	50,03	43,49	3,00

Vzorek GP1

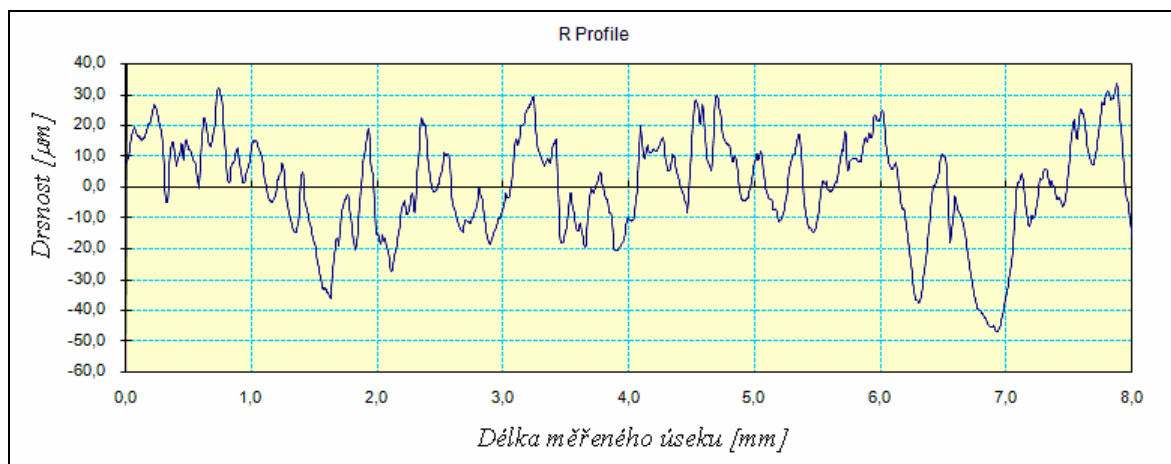
Graf č. 8.1 Drsnost vzorek GP1- $R_a = 10,68 \mu\text{m}$, $R_z = 54,98 \mu\text{m}$, $R_q = 13,22 \mu\text{m}$,

$$R_p = 32,03 \mu\text{m}, R_v = 33,50 \mu\text{m}, R_{ku} = 2,53 \mu\text{m}$$

Vzorek GP2

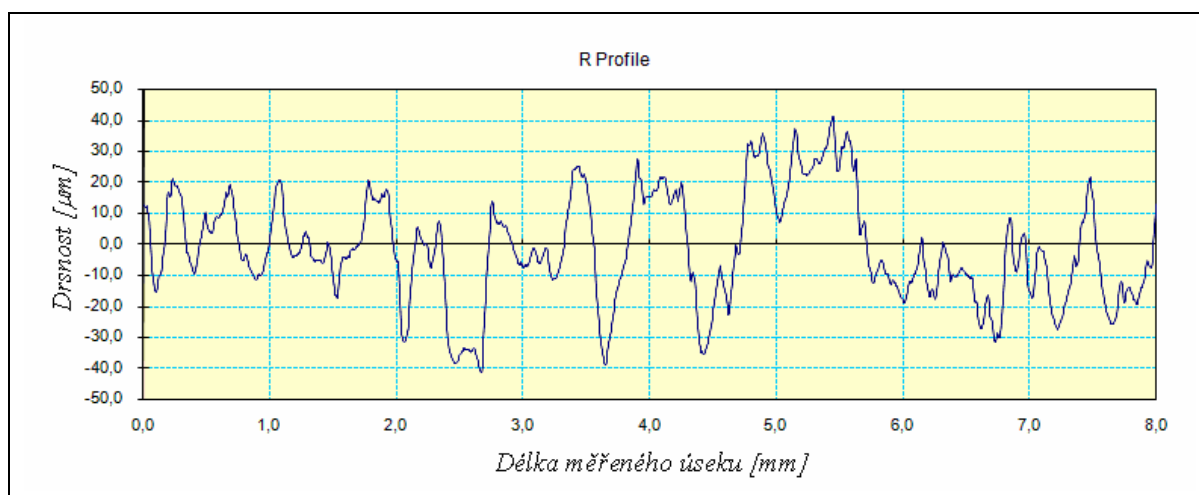
Graf č. 8.2 Drsnost vzorek GP2 - $R_a = 11,78 \mu\text{m}$, $R_z = 58,39 \mu\text{m}$, $R_q = 14,37 \mu\text{m}$,

$$R_p = 25,51 \mu\text{m}, R_v = 36,39 \mu\text{m}, R_{ku} = 2,41 \mu\text{m}$$

Vzorek GP3

Graf č. 8.3 Drsnost vzorek GP3 - $R_a = 13,04 \mu\text{m}$, $R_z = 63,98 \mu\text{m}$, $R_q = 16,33 \mu\text{m}$,

$$R_p = 33,18 \mu\text{m}, R_v = 47,16 \mu\text{m}, R_{ku} = 3,16 \mu\text{m}$$

Vzorek GP4

Graf č. 8.4 Drsnost vzorek GP4 - $R_a = 14,14 \mu\text{m}$, $R_z = 63,01 \mu\text{m}$, $R_q = 17,38 \mu\text{m}$,

$$R_p = 41,10 \mu\text{m}, R_v = 41,37 \mu\text{m}, R_{ku} = 2,51 \mu\text{m}$$

8.3 MĚŘENÍ KOTVÍČÍHO PROFILU DLE ČSN EN ISO 8503-5

Pro stanovení kotvícího profilu podkladového materiálu byl použit indikátorový přístroj MITUTOYO-DIAL THICKNESS GAUGE, speciální páska PRESS-O-FILM od firmy TESTEX a plastová tyčinka. Od naměřených hodnot musela být odečtena tloušťka pásky PRESS-O-FILM, který je 50 μm . Měření bylo provedeno na referenčních vzorcích.

Tabulka č. 8.4 Průměrný kotvící profil referenčních vzorků

Měření č.	GP1 [μm]	GP2 [μm]	GP3 [μm]	GP4 [μm]
1	82	73	81	82
2	84	77	74	84
3	82	75	75	79
4	84	76	76	82
5	82	78	78	83
$\bar{\varnothing}$ [μm]	82,8	75,8	76,8	82

8.4 ANTIKOROZNÍ PIGMENT ORTOFOSFOREČNAN ZINEČNATÝ

Antikorozní pigmenty jsou látky, které po přidání do korozního prostředí v malé koncentraci snižují rychlost koroze. Pigmenty podílející se aktivně na antikorozní ochranně řadíme do skupiny inhibičních pigmentů. Jejich funkce spočívá ve zpomalení nebo úplném zastavení dílčí anodické nebo katodické reakce. Zabraňují přechodu kovu do roztoku nebo redukci kyslíku. Do tzv. obětovaných pigmentů patří kovové práškové pigmenty, které se obětují při korozním procesu probíhajícím mezi nátěrovým filmem a kovovým povrchem. Vytvářejí korozní produkty a chrání tak podklad. Největší význam, v současné době, mezi těmito pigmenty má práškový zinek. Zinková částice působí jako anoda, kdy se přednostně rozpouští a ocelový podklad je touto cestou chráněn. [34]

Fosforečnany jsou anodickým typem inhibitoru koroze železa a hliníku. Mechanismus inhibice je závislý na kyslíku. V současnosti má největší význam pigment fosforečnanu zinečnatého. Jeho inhibiční efekt je založen na působení vlhkosti, díky níž dochází k postupné hydrolýze fosfátu. Vznikají tak hydroxid zinečnatý a sekundární

fosfátové ionty, které mají schopnost vytvářet ochranné vrstvy především v anodické oblasti koroze. [32]

K nejdéle používaným netoxickým pigmentům patří antikorozní pigmenty na bázi ortofosforečnanu. Pro projevení inhibičních vlastností fosforečnanů, musí korozní prostředí obsahovat vodu a kyslík. V nepřítomnosti kyslíku jsou inaktivní a pouze vyplňují póry vrstvy oxidického filmu na povrchu. Fosforečnan zinečnatý je netoxický a ekologicky nezávadný. Jeho aplikovatelnost je možná v široké škále poživ. Nevýhodou je však malá inhibiční účinnost v prvních fázích koroze. Ta se řeší buď modifikací samotného pigmentu nebo přidávkem látek poskytujících synergický efekt. [33]

Základní nátěry plněné vysokým obsahem zinku zajišťují dlouhodobou ochrannou účinnost nátěru na ocelovém povrchu. To však může mít i negativní vliv z ekologického pohledu. Zinek je nebezpečnou závadnou látkou, která je vysoce toxická pro vodní prostředí. Současně také fosfor je značně jedovatý a toxický. Hlavním legislativním nástrojem v ČR, který upravuje vypouštění zinku, fosforu a jejich sloučenin do vodního prostředí je nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Zinek, fosfor a jejich sloučeniny jsou zařazeny v příloze č. 1 - Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod. Hlavním legislativním nástrojem v EU je Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/11/ES o znečišťování některými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí Společenství. Doporučený limit přípustné hodnoty průměrného znečištění pro odpadní vody vypouštěné ze strojírenské výroby při procesu lakování je u zinku 2 mg/l a u fosforu 3 mg/l. [51]; [52]

8.5 PŘÍPRAVA NANOČÁSTIC ZP 10

Do experimentálních nátěrových systémů byl přidán bílý antikorozní pigment určený pro aplikaci do ochranných povlaků. Obchodní značení je ZP 10, jedná se o ortofosforečnan zinečnatý (viz příloha č. 2 – materiálový list ZP 10 od výrobce). Tento pigment se běžně používá pro zvýšení antikorozní účinnosti nátěrových systémů. V materiálových listech výrobce udává průměrnou velikost částic po mletí 2 – 3,5 μm . Poměr zinku a fosfátu dle výrobce:

- Zinek 50,5 – 52 obj. %.
- Fosfát 47 – 49 obj. %.

Tento výchozí vzorek se nechal připravit na menší rozměr částic – nanorozměr. Částice byly mlety na přístroji WATER JET MILL zkonstruovaném v rámci výzkumu v oddělení Fyziky nanostruktur na VŠB-TU Ostrava. Desintegrace je dosahováno kavitací ve vodním prostředí při rychlosti proudění kapalinového paprsku cca 660m/s za čas 300 s. Jako výchozí kapalina pro mletí byla použita destilovaná voda.

8.6 ROZBOR KLASICKÝCH ČÁSTIC A NANOČÁSTIC

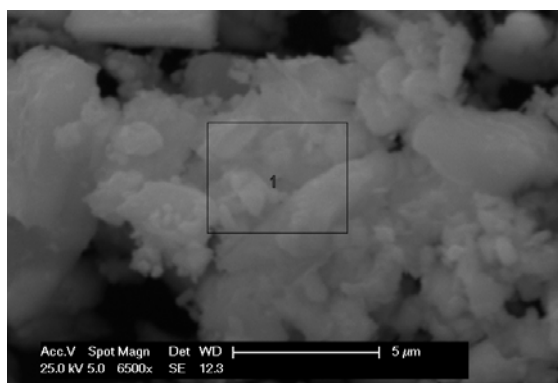
Připravené antikorozi pigmenty v klasickém rozměru a nanorozměru byly zkoumány SEM analýzou (skenovací elektronová mikroskopie) a následně AFM analýzou (mikroskopie atomárních sil).

8.6.1 SEM analýza povrchu částic

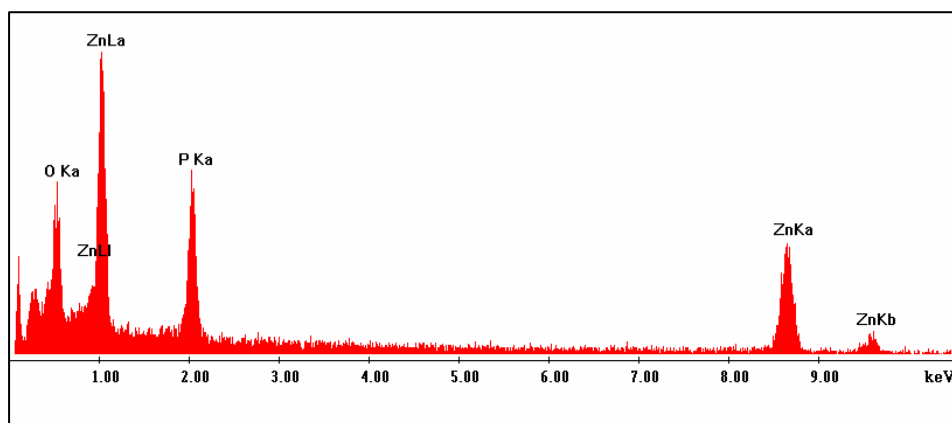
SEM – skenovací elektronová mikroskopie nebo také rastrovací elektronová mikroskopie. Princip metody měření spočívá v tom, že na každé místo vzorku je zaměřen úzký paprsek elektronů, který se po vzorku pohybuje řádek po řádku. Vzájemnou interakcí dopadajících elektronů s materiálem vznikají různě detekované složky. Úroveň signálu v detektoru se mění dle charakteru povrchu materiálu. Na základě těchto signálů v souvislosti s postupným skenováním je sestaven výsledný obraz. Povrch vzorku je nejčastěji sestaven pomocí sekundárních elektronů (SE) nebo zpětně odražených elektronů (BSE). Současně je také možné provést spektrální rentgenovou prvkovou mikroanalýzu vzorku (EDAX).

Měření se provádělo na přístroji PHILLIPS XL30 Series, v Laboratoři elektronové mikroskopie Centra Nanotechnologií, VŠB-TU Ostrava.

ZP 10 klasické částice



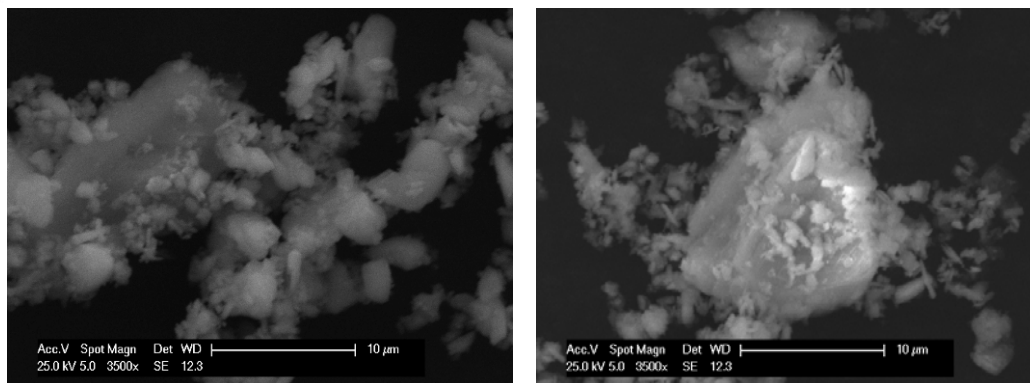
Obr. č. 8.3 SEM snímek (SE) zvětšení 6500x, klasické částice ZP 10, charakter skladu několika částic, chem. analýza z plochy



Graf č. 8.5 Chemická analýza ZP 10 metodou EDAX

Tabulka č.8.5 Výsledek procentuálního množství jednotlivých složek ZP 10

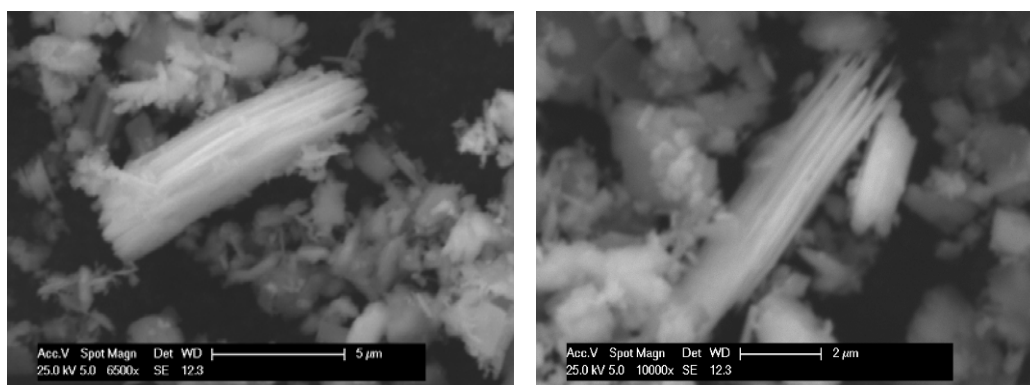
Prvek	Procentuální množství [%]
O K	40,26
P K	16,20
ZnK	43,54
Σ [%]	100



Obr. č. 8.4 SEM snímky (SE) zvětšení 3500x

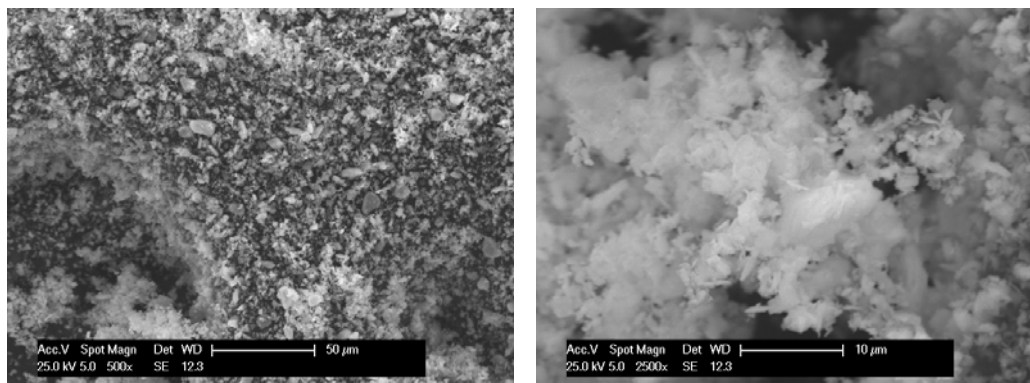
Z fotodokumentace klasické velikosti ZP 10 je patrné, že kolem velkých aglomerátů se shlukují malé částice. Dochází tak k vytváření dalších větších aglomerátů.

ZP 10 nanočástice



Obr. č. 8.5 SEM snímek (SE) zvětšení 6500x a 10 000x

Na fotodokumentaci je vidět jehlicová částice, která je tvořena skladem jemných tenkých dlouhých lamel. Jsou to částice složené z několika jednotlivých částic lamelárního charakteru. Částice se jeví kompaktně.



Obr. č. 8.6 SEM snímek (SE) zvětšení 500x a 2500x

Částice se shlukují. Jsou zde viditelné různé tvary částic. V prášku se nachází i částice velkých rozměrů kulovitěho charakteru. Nachází se zde variace částic charakteru kulovitěho, jehlicovitěho a plochého. Současně je patrné velké množství aglomerátů tvořených z částic nanometrických rozměrů.

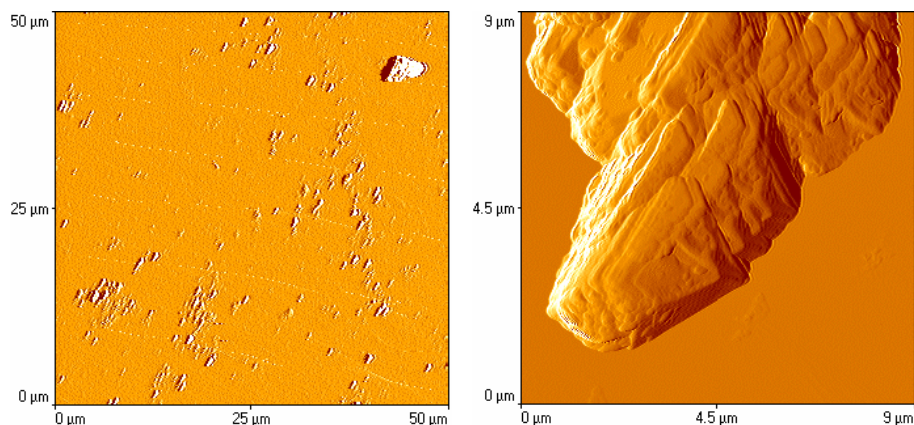
8.6.2 AFM analýza povrchu částic

Základem mikroskopie je velmi ostrý hrot, který je upevněn na ohebném nosníku. Tento hrot je mírně vtlačen do zkoumaného vzorku a následkem působících sil je nosník ohnutý, v souladu s Hookovým zákonem. Během měření se hrot pohybuje po povrchu zkoumaného vzorku v pravidelném rastru tak, že výška druhého konce nosníku je konstantní. Pokud je povrch vzorku nerovný, má nosník v různých místech vzorku různou velikost ohnutí a sledováním závislosti ohnutí na poloze na vzorku můžeme sestavit zvětšený obraz vzorku. Měření probíhalo na přístroji Thermo Microscopes AFM-ExplorerTM, v Laboratoři mikroskopie atomárních sil na Centru nanotechnologií, VŠB-TU Ostrava. Morfologické změny vzorků byly studovány v nekontaktním skenovacím režimu s využitím křemenného hrotu (1650-00) a 8 μm Z-skeneru.

Měřené vzorky se připravovaly z pasty jemného ZP 10 a z prášku klasického ZP 10. Pasta (destilovaná voda a ZP 10) ZP 10 o hmotnosti 0,01 g byla smíchána s dehydratovaným ethanolem do objemu 1,5 ml, následně nanесena na slídovou podložku a sušena v sušárně při 75°C po dobu 1 hodiny. Při přípravě směsi docházelo k tvorbě aglomerátů, které byly pozorovatelné pouhým okem (cca 500 μm), již při pokojové teplotě. Jedná se o stabilní shluky částic, které vznikají v důsledku působení van der Walsových sil. Stejným postupem byl připraven i vzorek klasických částic. Jemný vzorek sedimentuje, ale klasický sedimentuje rychleji \Rightarrow větší částice, frakce. Jemný tvoří shluky (aglomeráty), které sedimentují, ale menší částice zůstávají ve vznosu.

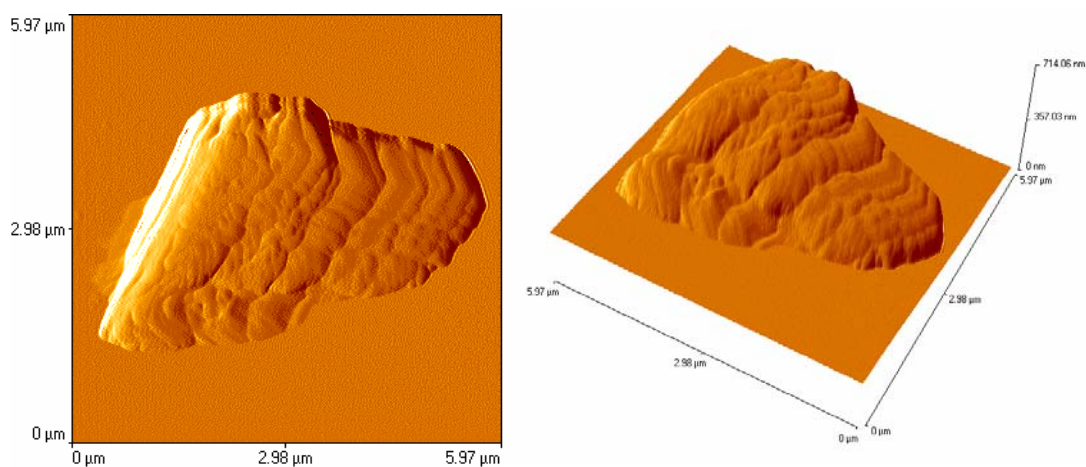
Skenování probíhalo 8 mikronovým skenerem, kde skenovací oblast byla 15 x 15 μm až do oblasti 3 x 3 μm \Rightarrow 2D snímky (charakterizují morfologii studovaných povrchů) a 3D snímky. Vzorek nanočástic vykazoval magnetické vlastnosti. Jemné částice jsou výškově kolem 100nm a jsou stabilní. Shluky u jemného vzorku nejsou velké, dají se snadno rozdružit (rozbít). U klasického jsou shluky stabilní.

ZP 10 klasické částice



Obr. č. 8.7 a - skenovací oblast 50 x 50 μm ; b – skenovací oblast 9x9 μm

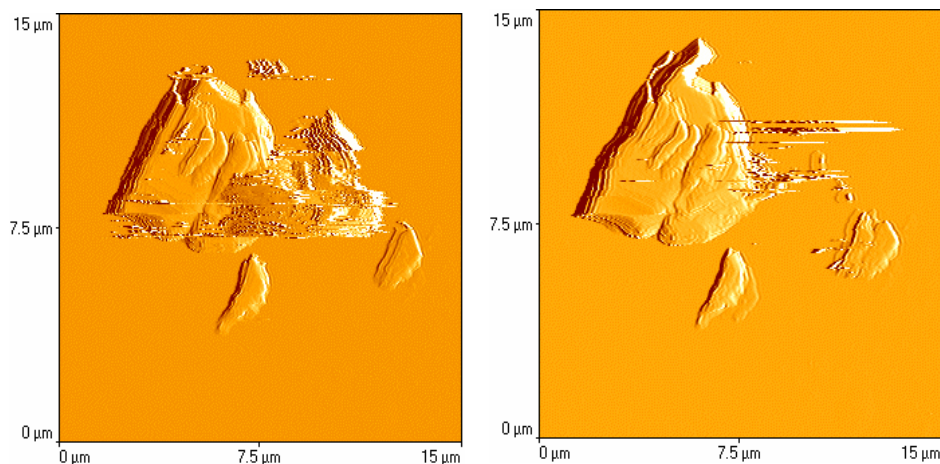
Na obrázku a je viditelné tvoření velkých aglomerátů klasických částic dosahujících několika mikronového rozměru. Na obrázku b je vidět velký aglomerát a reliéf povrchu aglomerátu po mletí na mlýně.



Obr. č. 8.8 Skenovací oblast 6 x 6 μm ; a – 2D snímek aglomerátu; b – 3D snímek aglomerátu

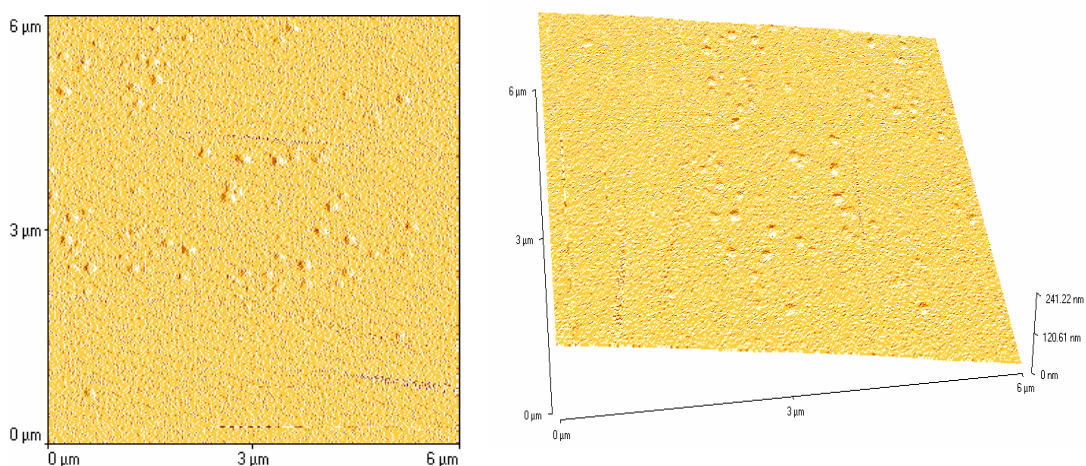
Na obrázku a je patrný velký aglomerát, který je tvořen skladem několika částic. Na obrázku b je vidět 3D profil tohoto aglomerátu, kdy průměrný rozměr je 5,5 x 4,5 x 0,7 μm .

ZP 10 nanočástice



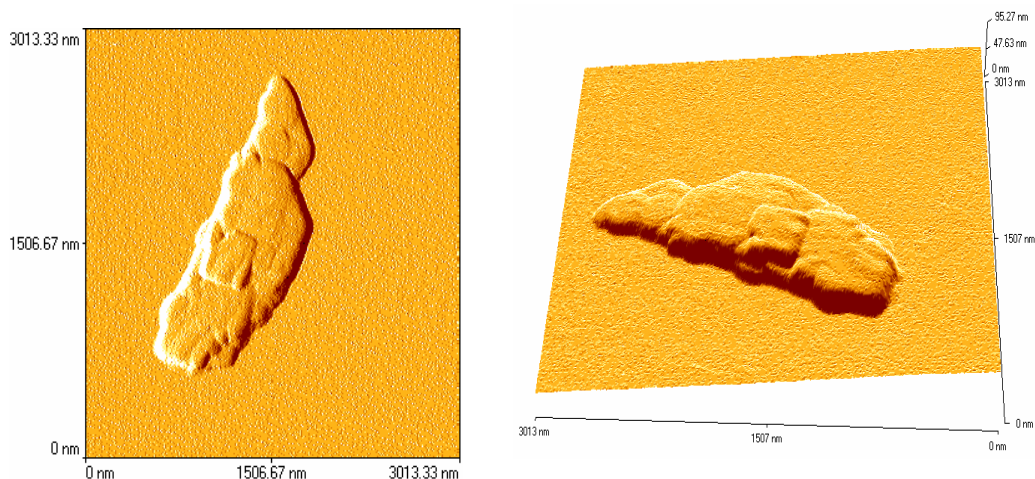
Obr. č. 8.9 Skenovací oblast 15 x 15 μm; a – velké aglomeráty; b – stejná oblast měření

Na obrázku a jsou vidět velké aglomeráty s malými částicemi (jemný prášek působící jako mlžení). Na obrázku b je stejná oblast měření, kde je již méně jemných částic z důvodu druhého skenování a odpudivosti hrotu.



Obr. č. 8.10 Skenovací oblast 6 x 6 μm; a – 2D snímek; b – 3D snímek

Na obrázku a jsou patrné velmi jemné částice. Na obrázku b je 3D snímek profilu jemných částic z předešlého snímku, kdy částice jsou rozměrově 100 x 200 nm plošně a největší výška je 242 nm. Nejedná se však o jednotlivé částice, ale o aglomeráty několika částic.



Obr. č. 8.11 a – aglomerát tří částic, plocha povrchu je $2,5\text{--}2,9\ \mu\text{m}^2$ (se 40% chybou), b – 3D snímek aglomerátu.

Rozměr nanočástic ZP10 je připraven ve frakcích o rozměrech $4 \times 100 \times 200\ \text{nm}$.

8.7 ZHOTOVENÍ NÁTĚRŮ S PIGMENTEM ZP 10

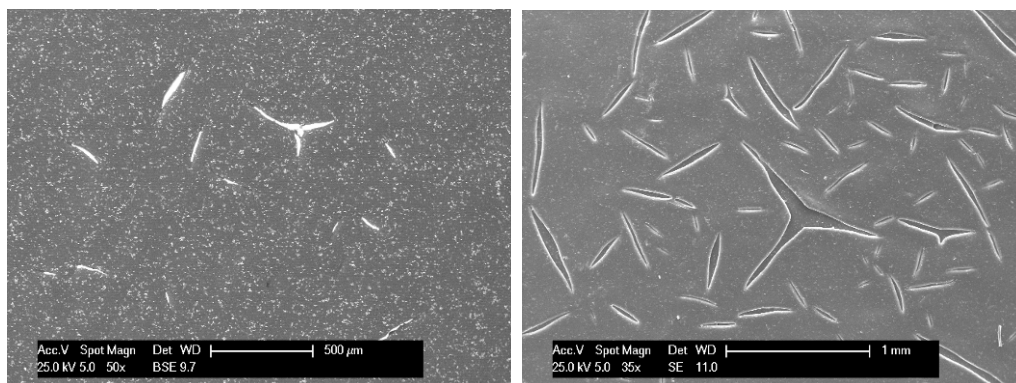
Jako nátěr byl použit vodu ředitelný transparentní nátěr na bázi alkydové pryskyřice. Do tohoto nátěru byly přidány pigmenty ZP 10 v klasickém rozměru a nanorozměru. Takto bylo připraveno pro testování šest druhů nátěrů, které se nanášely ve dvou vrstvách:

- GK - nátěr č. 1 s obsahem 2 – 3 % klasických částic ZP 10
- GN - nátěr č. 1 s obsahem 2 – 3 % nanočástic ZP 10
- HK - nátěr č. 1 s obsahem 4,5 – 5,5 % klasických částic
- HN - nátěr č. 1 s obsahem 4,5 – 5,5 % nanočástic ZP 10
- IK - nátěr č. 1 s obsahem 7 – 8 % klasických částic ZP 10
- IN - nátěr č. 1 s obsahem 7 – 8 % nanočástic ZP 10

Při nedostatečném vysušení první vrstvy nátěrového systému a následné aplikaci druhé vrstvy, docházelo k popraskání nátěrového systému až k podkladovému materiálu při celkovém vysušení (viz. obr. č. 8.13). To mělo negativní vliv na protikorozi vlastnosti povlaku. Z tohoto důvodu se zvolilo krátké mezivysušení první vrstvy. Současně bylo zjištěno, že připravené nátěry je možné aplikovat pouze v tenké tloušťce mokré vrstvy. Při aplikaci větší tloušťky vrstvy a následném vysušení docházelo opět k popraskání nátěrového systému až k podkladovému materiálu (viz. obr. č. 8.12).



Obr. č. 8.12 Fotodokumentace aplikace nátěrového systému ve větší tloušťce a vzniku prasklin charakteristiky námrazy



Obr. č. 8.13 SEM snímek (BSE a SE) zvětšení 50x a 35x – popraskaná vrstva odhalená až k podkladu a k první vrstvě nátěru

Mnohem praktičtější je nanášení nátěrových systémů v jedné vrstvě. Transparentní nátěr se tedy upravil přidáním 2 % rozpouštědla. Tím se docílilo rovnoměrnějšího

vytvrzování nátěrového systému a také se mohl aplikovat v jedné vrstvě. Takto bylo připraveno pro testování dalších šest druhů nátěrů, které se nanášely pouze v jedné vrstvě:

- BK – nátěr č. 2 s obsahem 2 – 3 % klasických částic ZP 10
- BN - nátěr č. 2 s obsahem 2 – 3 % nanočástic ZP 10
- CK – nátěr č. 2 s obsahem 4,5 – 5,5 % klasických částic ZP 10
- CN - nátěr č. 2 s obsahem 4,5 – 5,5 % nanočástic ZP 10
- DK – nátěr č. 2 s obsahem 7 – 8 % klasických částic ZP 10
- DN - nátěr č. 2 s obsahem 7 – 8 % nanočástic ZP 10

Částice klasického rozměru pigmentu byly do nátěrového systému přidány ve formě prášku. Po mletí byly nanočástice připravené ve formě pasty, která se přidávala do nátěrového systému. Pro zachování stejného objemového procentuálního množství částic, se musel zjistit poměr obsahu destilované vody a pevné látky (částic ZP 10) připravené pasty.

Postup byl následující. Na analytických vahách se zvážila prázdná miska - m_M . Poté se do misky přidala pasta a zvážila se miska s pastou - m_{MP} . Na základě tohoto měření se zjistila hmotnost pasty – m_P . Takto připravený vzorek se vysušoval v sušičce při 75 °C pod dobu 2 hodin. Pro zajištění důkladného vysušení pasty se vzorek ještě dosušoval po dobu 30 minut při stejné teplotě. Vzorek se vytáhl z pece a nechal se vychladit na pokojovou teplotu. Na analytických vahách se zvážila hmotnost misky s vysušeným vzorkem obsahující nanočástice pigmentu - m_{MV} . Na základě tohoto měření se vypočetl podíl objemu nanočástic a destilované vody dle níže uvedených vzorců. Poměr částic a destilované vody je 1:4.

$$m_P = m_{MP} - m_M \quad [kg] \quad (8.1)$$

m_P – hmotnost pasty [kg]

m_{MP} – hmotnost misky a pasty [kg]

m_M – hmotnost prázdné misky [kg]

$$V_{\check{C}} = (m_{MV} - m_M) \cdot 100 \quad [\%] \quad (8.2)$$

$V_{\check{C}}$ – objem částic [l]

m_{MV} – hmotnost misky po vysušení [kg]

$$V_{DS} = (m_{MP} - m_{\check{C}}) \cdot 100 \quad [\%] \quad (8.3)$$

V_{DS} – objem destilované vody [l]

$m_{\check{C}}$ – hmotnost částic [kg]

Zkušební prostředky a pomůcky:

- Sušicí pec typ KBC G-100/250.
- Teploměr.
- Skleněná miska.
- Analytické váhy WA 33 TYP PRL T A13/1.

Nátěrové systémy byly rozmíchány pomocí míchačky IKA RW16 Basic. Parametry přístroje byly zvoleny 600 ot./min. po dobu 30 min. Nátěr byl značně napěněný, z tohoto důvodu se nechal po dobu 12 – 24 hodin ustálit. Po uplynutí této doby se výrazně neprojevila sedimentace pigmentu, proto byl nátěr před aplikací důkladně rozmíchán pomocí skleněné tyčinky.

8.8 APLIKACE NÁTĚRŮ S PIGMENTEM ZP 10

Vzorky po dodání byly značně mastné. Povrch vzorků byl odmaštěn prostředkem Simple Green Crystal, ředění v poměru 1:2 (1 díl Simple Green a 2 díly vody). Pro odmašťovací lázeň i oplachovou lázeň byla použita voda z vodovodního řádu.

Vzorky se odmašťovaly ponorem po dobu 6 min, poté byly opláchnuty po dobu 2 min. následně byly sušeny po dobu cca pěti minut v sušičce TYP SN30/4 při 100°C. U obou lázní byla měřena teplota a pH přístrojem PICCOLO PLUS HI 1295.

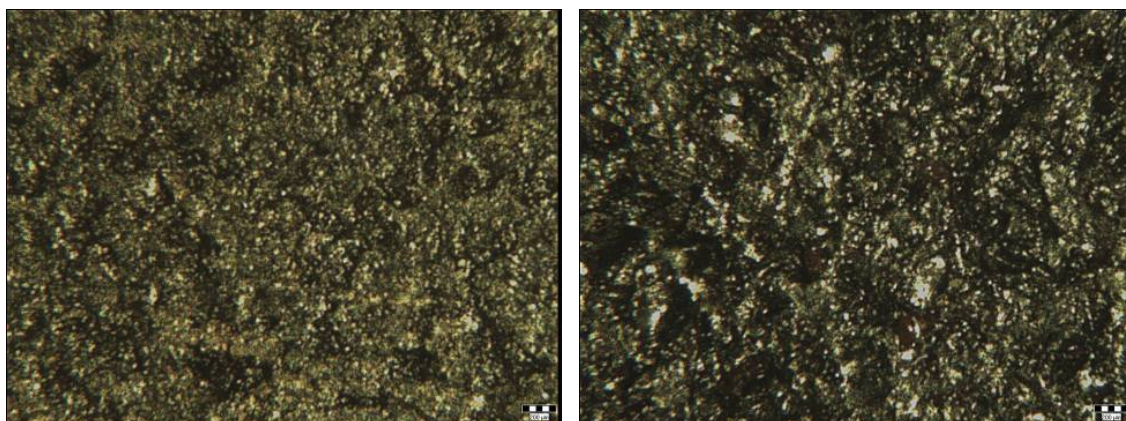
Odmašťovací lázeň: $t = 19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 9,13$

Oplachová lázeň: voda z vodovodního řádu o $t = 20,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 8,11$

Laboratoř: vlhkost 33%, $t = 21,3\text{ }^{\circ}\text{C}$



Obr. č. 8.14 Fotodokumentace povrchu vzorku před odmaštěním a po odmaštění



Obr. č. 8.15 Fotodokumentace povrchu vzorku z mikroskopu Neophot 2 před odmaštěním a po odmaštění (zvětšení 20x)

V případě špatného odmaštění povrchu materiálu docházelo při aplikaci nátěrových systémů k odhalení povrchu materiálu. Nátěr tak v těchto místech k povrchu materiálu nepřilnul.



Obr. č. 8.16 Fotodokumentace aplikace nátěrového systému na nevhodně odmaštěném povrchu (nátěr na mastném povrchu nepřilnul)

U nátěrů č. 1 značených G, H, I se na odmaštěný povrch vzorků nanasla ručně první vrstva nátěrového systému pomocí štětce. Nátěr vykazoval řidší konzistenci. Tato vrstva zasychala na vzduchu po dobu cca 2 hodiny a následně se vysušila v sušičce při teplotě při 80°C po dobu 1 hodiny. Vzorky byly chlazeny při pokojové teplotě. Poté byla nanasena ručně druhá vrstva, která zasychala na vzduchu po dobu cca 2 hodiny a následně se vysušila v sušičce při 80°C po dobu 6 hodin. Tento aplikační postup byl navržen firmou DENAS COLOR, a.s..

U nátěrů č. 2 značených B, C, D se na odmaštěný povrch vzorků nanasla pouze jedna vrstva nátěrového systému pomocí štětce. Nátěr byl stále dost řídký. Nechala se na vzduchu zaschnout po dobu cca 2 hodiny a následně se vysušila v sušičce při 80°C po dobu 6 hodin. Takto se postupovalo dle doporučení výrobce základního nátěru firmou DENAS COLOR, a.s..

8.9 MĚŘENÍ TLOUŠŤKY MOKRÉ A SUCHÉ VRSTVY NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ DLE ČSN EN ISO 2808

Tloušťka mokré vrstvy nátěrových systémů byla měřena pomocí hřebenové měrky. U nátěrů č. 1 se aplikovaly dvě vrstvy. Tloušťka jednotlivých mokrých vrstev byla 50 μm . Celkově se tedy nanasla tloušťka mokré vrstvy 100 μm . U nátěrů č. 2 se aplikovala pouze jedna vrstva o celkové tloušťce 100 μm .

Po vytvrzení nátěrových systému se provedlo měření suché vrstvy. Na každém vzorku bylo provedeno 10 měření (viz příloha č. 4), naměřené hodnoty byly zprůměrovány a zapsány do tabulky.

Tabulka č. 8.6 Průměrná tloušťka suché vrstvy nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 2808


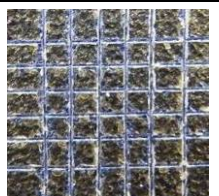
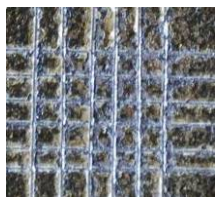
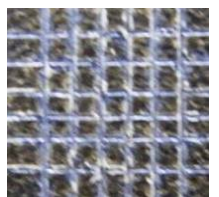

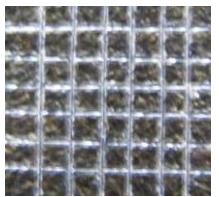

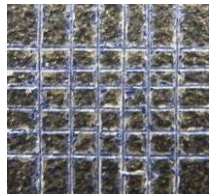
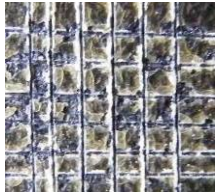
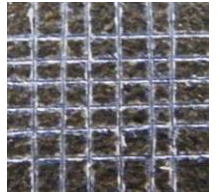
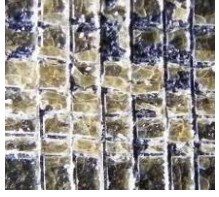
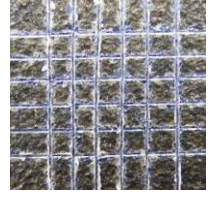
Tloušťka nátěru	GN1	GN2	GN3	GN4	GN5	GK1	GK2	GK3	GK4	GK5
Ø [µm]	48,46	45,20	45,67	40,22	46,45	55,26	55,97	52,43	59,12	60,07
Tloušťka nátěru	HN1	HN2	HN3	HN4	HN5	HK1	HK2	HK3	HK4	HK5
Ø [µm]	41,91	49,42	43,98	49,83	49,82	54,31	55,97	63,13	61,32	56,26
Tloušťka nátěru	IN1	IN2	IN3	IN4	IN5	IK1	IK2	IK3	IK4	IK5
Ø [µm]	46,10	43,47	41,83	47,75	47,54	55,98	54,28	53,27	55,63	60,51
Tloušťka nátěru	BN1	BN2	BN3	BN4	BN5	BK1	BK2	BK3	BK4	BK5
Ø [µm]	44,06	44,67	42,35	42,41	46,43	54,55	52,95	54,12	53,65	53,16
Tloušťka nátěru	CN1	CN2	CN3	CN4	CN5	CK1	CK2	CK3	CK4	CK5
Ø [µm]	42,42	42,78	43,12	43,08	42,98	52,36	53,69	54,38	54,89	54,01
Tloušťka nátěru	DN1	DN2	DN3	DN4	DN5	DK1	DK2	DK3	DK4	DK5
Ø [µm]	41,21	40,56	40,87	41,53	41,20	52,02	54,05	54,59	54,63	54,88

Z tabulky č. 8.6 je patrné, že tloušťka vytvrzených nátěrů s obsahem nanočástic a klasických částic je v průměru rozdílná o 10 µm. Pravděpodobně je to důsledek toho, že nanočástice se přidávaly ve formě pasty, která obsahuje destilovanou vodu. V tomto případě pak docházelo k odparu většího množství vody z nátěrů a ke snížení tloušťky suché vrstvy nátěrů.

8.10 STANOVENÍ PŘILNAVOSTI MŘÍŽKOVOU ZKOUŠKOU DLE ČSN EN ISO 16 276-2

Dle předepsaného postupu zkoušky v normě se na referenčních vzorcích vytvořila mřížka pomocí vodítka a řezného nástroje. Vzhledem k tloušťce suché vrstvy jednotlivých nátěrů je rozestup mezi jednotlivými řezy 1 mm.

Tabulka č. 8.7 Výsledky mřížkové zkoušky dle ČSN EN ISO 16276-2

Vzorek č.	Klasifikace [-]	Fotodokumentace	Vzorek č.	Klasifikace [-]	Fotodokumentace
GN5	5		BN5	3	
GK5	5		BK5	3	
HN5	5		CN5	2	
HK5	5		CK5	2	
IN5	5		DN5	3	
IK5	5		DK5	3	

Z výsledků mřížkové zkoušky přilnavosti je patrné, že varianta nátěru č. 2 dosahuje mnohem lepších výsledků. Nejlepších výsledků, a to u plnění klasickými částicemi nebo nanočásticemi, je dosaženo u plnění 4,5 – 5,5 hm.%. Aplikace jednovrstvého systému má lepší vliv na výsledky mřížkové zkoušky přilnavosti.

8.11 STANOVENÍ LESKU NÁTĚROVÉHO SYSTÉMU DLE ČSN EN ISO 13 523-2

Měření lesku se provádělo pomocí přístroje leskoměru s 60° geometrií ZGM 1022 GLOSSMETER ve firmě DENAS COLOR, a. s.. Na referenčních vzorcích se provedlo 5 měření a zapsala se dolní a horní hranice lesku (nejvyšší a nejnižší hodnota). Neprovádělo se zprůměrování hodnot a to z toho důvodu, že v praxi se uvádí vždy dolní a horní hranice lesku. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka č. 8.8 Výsledky měření lesku dle ČSN EN ISO 13523-2

Vzorek č.	GN5	GK5	HN5	HK5	IN5	IK5
Dolní a horní hranice lesku [-]	36/39	28/30	21,5/24	24/27	14,5/15,6	24/26
Vzorek č.	BN5	BK5	CN5	CK5	DN5	DK5
Dolní a horní hranice lesku [-]	12,4/13,9	19,5/20	10/12	16/17,5	8,5/9	12/13,5

Pokud je rozdíl mezi dolní a horní hranicí lesku v rozmezí 3 - 4 stupňů, je lesk stejnomořný po celém povrchu nátěrového systému daného vzorku.

Měření pH se provádělo pomocí přístroje CRYTUR CPH51 ve firmě DENAS COLOR, a. s.. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce. S ohledem na korozní stálost železa u kterého korozní rychlosti kolem pH 9 poměrně značně klesají, se vodou ředitelné barvy koncipují tak, aby pH bylo obvykle někde mezi 8,5 - 9,5.

Tabulka č. 8.9 Výsledky pH měření

Vzorek č.	GN5	GK5	HN5	HK5	IN5	IK5
pH [-]	8,24	8,31	8,04	8,03	8,33	8,06
Vzorek č.	BN5	BK5	CN5	CK5	DN5	DK5
pH [-]	8,08	7,95	8,05	7,99	8,10	8,03

Upravit pH nátěrových systémů lze pomocí vhodných aditiv jako jsou čpavek, aminy a v některých případech i louh. Ten však není nejvhodnější, protože je rozpustný a může se tedy ze suchého filmu vymývat. U vodou ředitelných barev je doporučené pH 8,5 – 9,5. Bylo by lepší, kdyby dosahovalo hodnoty vyšší než 10. Zde však nastává problém se stabilitou pojiv v nátěru. Z tohoto důvodu je lepší zůstat v rozmezí výše uvedeném. Existují i barvy s pH kolem 5 – 7 v kyselé oblasti. Zde jsou však užívána jiná aditiva a problémem je, že při tomto pH je ocel velice reaktivní a koroduje rychle.

8.12 VÝSLEDKY KOROZNÍ ZKOUŠKY SOLNOU MLHOU DLE ČSN EN ISO 9227

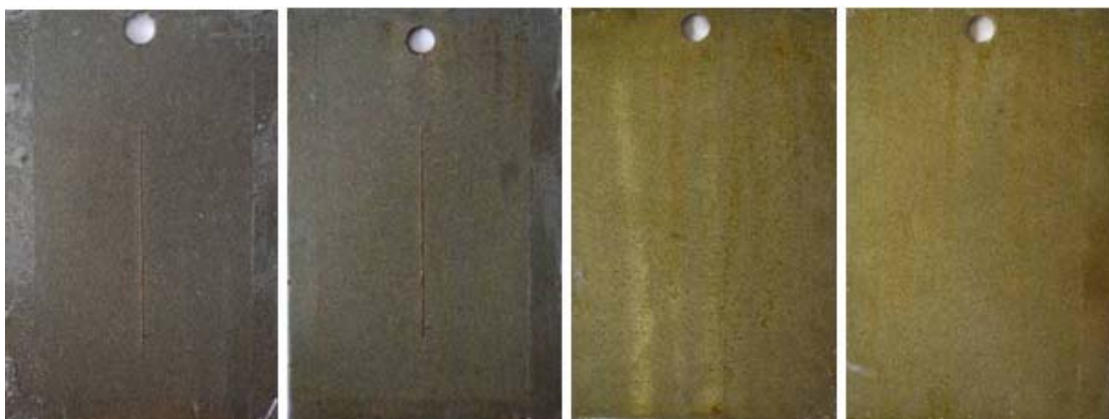
Zkouška probíhá ve zkušební komoře, kde je zajištěno pravidelné rozprašování solné mlhy při stálé teplotě. Do korozní komory byly umístěny vzorky s řezem až k podkladu a vzorky bez řezu.

Vzorky se kontrolovaly ve stanovených intervalech až do úplné degradace nátěrového systému. Vzorky byly kontrolovány po 4 h, 24 h, 48 h, 72 h, 120 h, 240 h, 480 h, 600 h a 720 h. Po stanovených intervalech se vzorky vytáhly z korozní komory, opláchly se vodou a vysušily. Následovala fotodokumentace a vyhodnocení korozního napadení. Kompletní fotodokumentace je uvedena v příloze č. 5.

8.12.1 Výsledky korozní zkoušky vzorků GN4, GK4, GN3, GK3



Obr. č. 8.17 Fotodokumentace nátěrového systému GN4, GK4, GN3, GK3 před vložením do korozní komory – 0 h expozice



Obr. č. 8.18 Fotodokumentace nátěrového systému GN4, GK4, GN3, GK3 po 24 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.19 Fotodokumentace nátěrového systému GN4, GK4, GN3, GK3 po 240 h expozice v korozní komoře



Tabulka č. 8.10 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

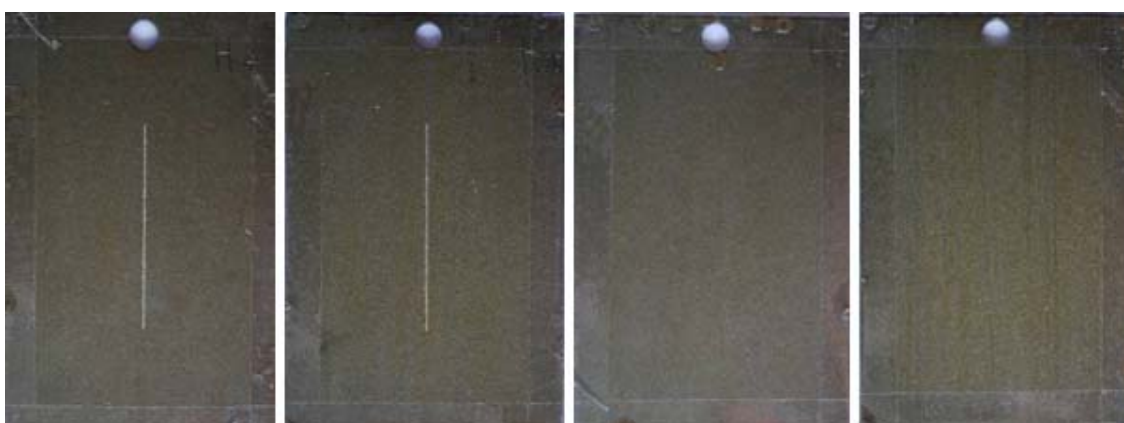
Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorazavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0 h expozice v korozní komoře				
GN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
GK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
GN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
GK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
4 h expozice v korozní komoře				
GN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/0	0
GK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/0	0
GN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
GK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
24 h expozice v korozní komoře				
GN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
GK4	0 (S0)	Ri1 (S1)	1/1	0
GN3	0 (S0)	Ri1 (S1)	-	0
GK3	0 (S0)	Ri1 (S1)	-	0
48 h expozice v korozní komoře				
GN4	0 (S0)	Ri1 (S2)	2/1	0
GK4	0 (S0)	Ri3 (S3)	2/2	0
GN3	2 (S2)	Ri5 (S4)	-	0
GK3	2 (S2)	Ri4 (S4)	-	0
72 h expozice v korozní komoře				
GN4	1 (S1)	Ri2 (S4)	4/3	0
GK4	2 (S2)	Ri5 (S4)	4/3	0
GN3	3 (S2)	Ri5 (S4)	-	0
GK3	2 (S2)	Ri5 (S4)	-	0

Tabulka č. 8.11 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

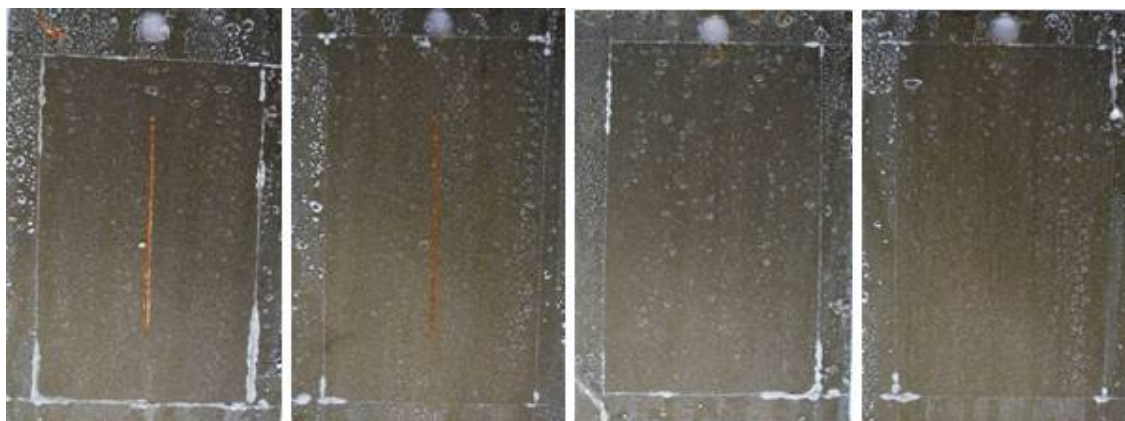
Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
120 h expozice v korozní komoře				
GN4	3 (S2)	Ri4 (S4)	4/3	0
GK4	4 (S3)	Ri5 (S4)	4/3	0
GN3	3 (S2)	Ri5 (S4)	-	0
GK3	4 (S2)	Ri5 (S4)	-	0
240 h expozice v korozní komoře				
GN4	4 (S3)	Ri5 (S4)	4/4	0
GK4	5 (S3)	Ri5 (S4)	4/4	0
GN3	3 (S3)	Ri5 (S4)	-	0
GK3	5 (S3)	Ri5 (S4)	-	0

Po 240 hodinách expozice v korozní komoře došlo k úplné nebo převážné degradaci nátěrového systému plněného klasickými částicemi a nanočásticemi. Nátěrové systémy GN a GK vydržely 24 h expozice bez viditelného korozního napadení. Což odpovídá v reálu 4 měsícům v prostředí C5.

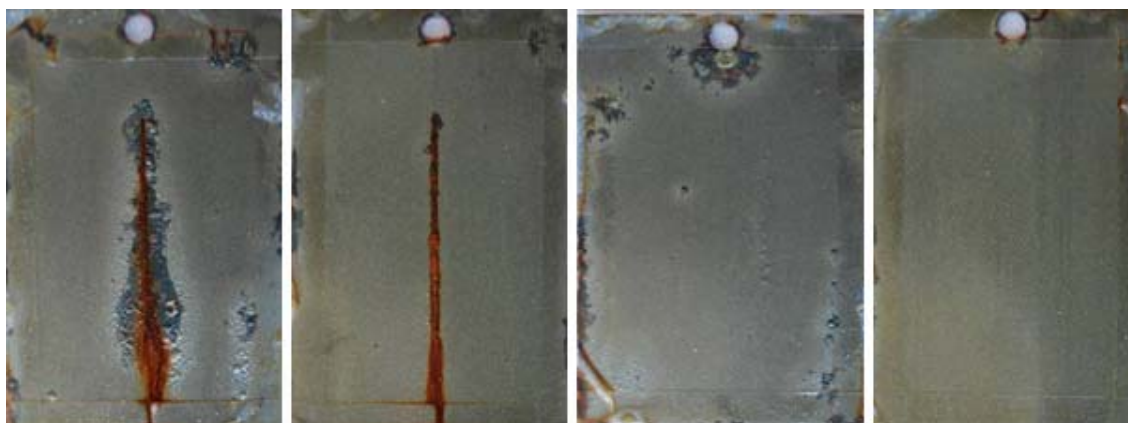
8.12.2 Výsledky korozní zkoušky vzorků HN4, HK4, HN3, HK3



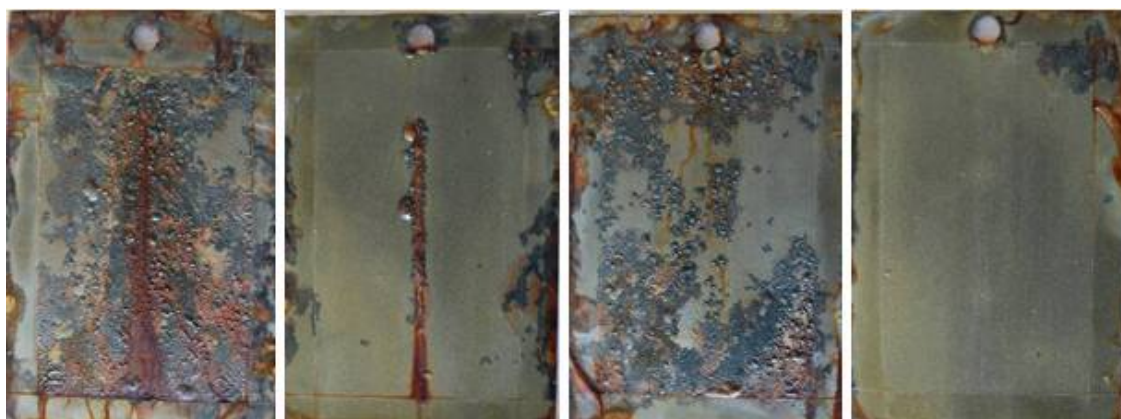
Obr. č. 8.20 Fotodokumentace nátěrového systému HN4, HK4, HN3, HK3 před vložením do korozní komory – 0 h expozice



Obr. č. 8.21 Fotodokumentace nátěrového systému HN4, HK4, HN3, HK3 po 24 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.22 Fotodokumentace nátěrového systému HN4, HK4, HN3, HK3 po 240 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.23 Fotodokumentace nátěrového systému HN4, HK4, HN3, HK3 po 720 h expozice v korozní komoře

Tabulka č. 8.12 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorazavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0 h expozice v korozní komoře				
HN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
HK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
HN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
HK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
4 h expozice v korozní komoře				
HN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
HK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
HN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
HK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
24 h expozice v korozní komoře				
HN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/2	0
HK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/2	0
HN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
HK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
48 h expozice v korozní komoře				
HN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/2	0
HK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/2	0
HN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
HK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
72 h expozice v korozní komoře				
HN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	3/2	0
HK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	3/2	0
HN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
HK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0

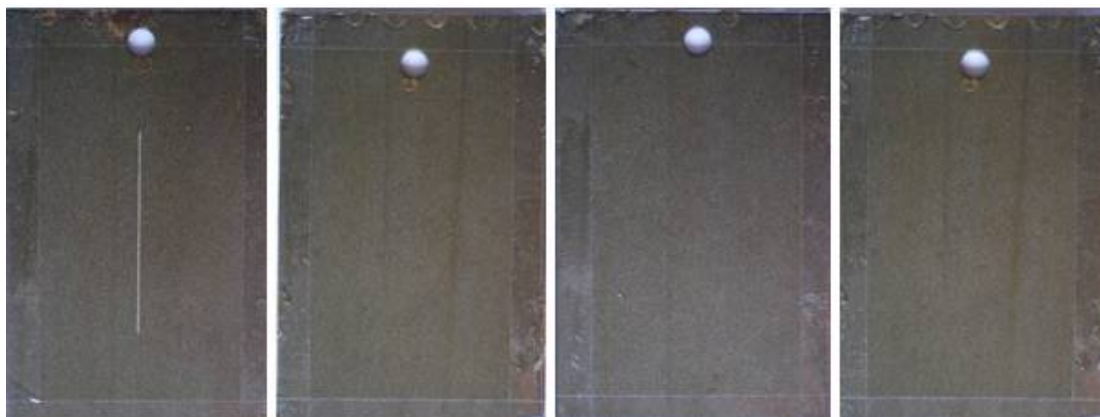
Tabulka č. 8.13 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
120 h expozice v korozní komoře				
HN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	4/3	0
HK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	4/3	0
HN3	1 (S1)	Ri0 (S0)	-	0
HK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
240 h expozice v korozní komoře				
HN4	2 (S2)	Ri0 (S0)	5/5	0
HK4	1 (S2)	Ri0 (S0)	4/4	0
HN3	2 (S2)	Ri0 (S0)	-	0
HK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
480 h expozice v korozní komoře				
HN4	5 (S3)	Ri5 (S4)	5/5	0
HK4	2 (S3)	Ri1 (S1)	5/4	0
HN3	4 (S3)	Ri4 (S4)	-	0
HK3	2 (S3)	Ri1 (S1)*	-	0
600 h expozice v korozní komoře				
HN4	5 (S4)	Ri5 (S5)	5/5	0
HK4	2 (S3)	Ri2 (S2)	5/5	0
HN3	5 (S4)	Ri5 (S4)	-	0
HK3	2 (S3)	Ri2 (S1) *	-	0
720 h expozice v korozní komoře				
HN4	5 (S5)	Ri5 (S5)	5/5	0
HK4	2 (S3)	Ri2 (S2)	5/5	0
HN3	5 (S4)	Ri5 (S4)	-	0
HK3	2 (S3)	Ri2 (S2) *	-	0

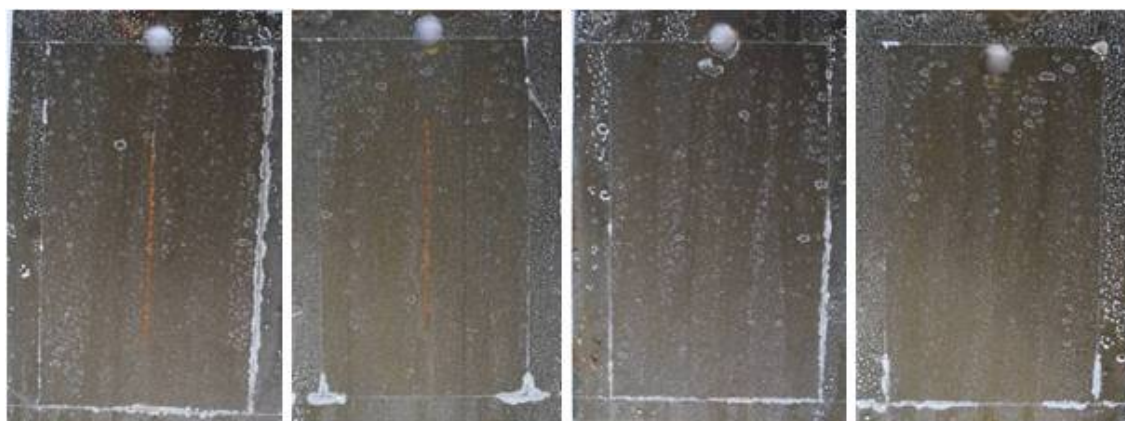
* korozní napadení pouze v pravém horním rohu v místě ražení.

Vzorky HN4 a HK4 vydržely 24 h expozice bez viditelného korozního napadení, došlo ke koroznímu napadení v řezu. Což odpovídá korozní odolnosti 4 měsíců v prostředí C5. Vzorek HN3 vydržel 240h a HK3 vydržel 480 h expozice bez viditelného korozního napadení. Což odpovídá korozní odolnosti 40 měsícům a 80 měsícům v prostředí C5.

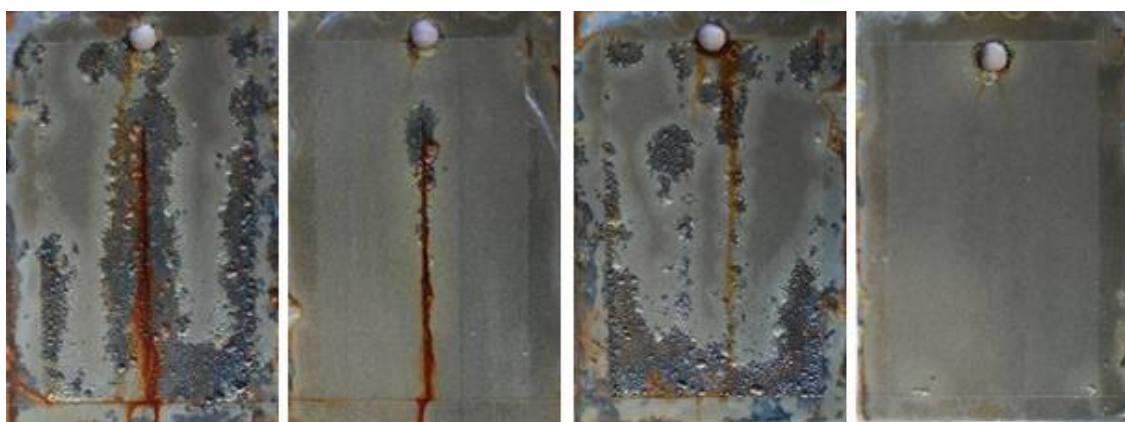
8.12.3 Výsledky korozní zkoušky vzorků IN4, IK4, IN3, IK3



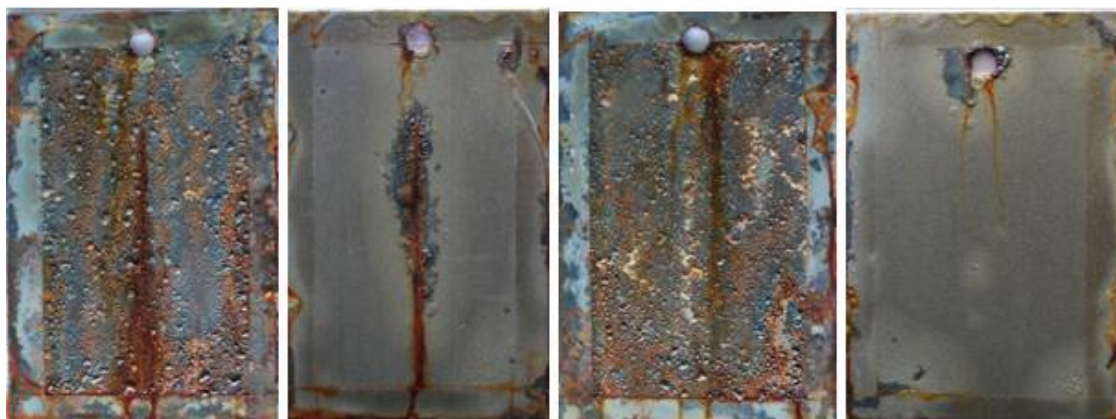
Obr. č. 8.24 Fotodokumentace nátěrového systému IN4, IK4, IN3, IK3 před vložením do korozní komory – 0 h expozice



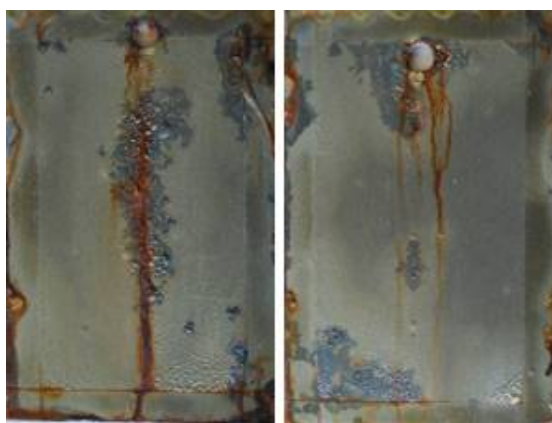
Obr. č. 8.25 Fotodokumentace nátěrového systému IN4, IK4, IN3, IK3 po 24 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.26 Fotodokumentace nátěrového systému IN4, IK4, IN3, IK3 po 240 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.27 Fotodokumentace nátěrového systému IN4, IK4, IN3, IK3 po 480 h expozice v korozní komoře – degradace nanočástic



Obr. č. 8.28 Fotodokumentace nátěrového systému IK4, IK3 po 720 h expozice

Tabulka č. 8.14 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

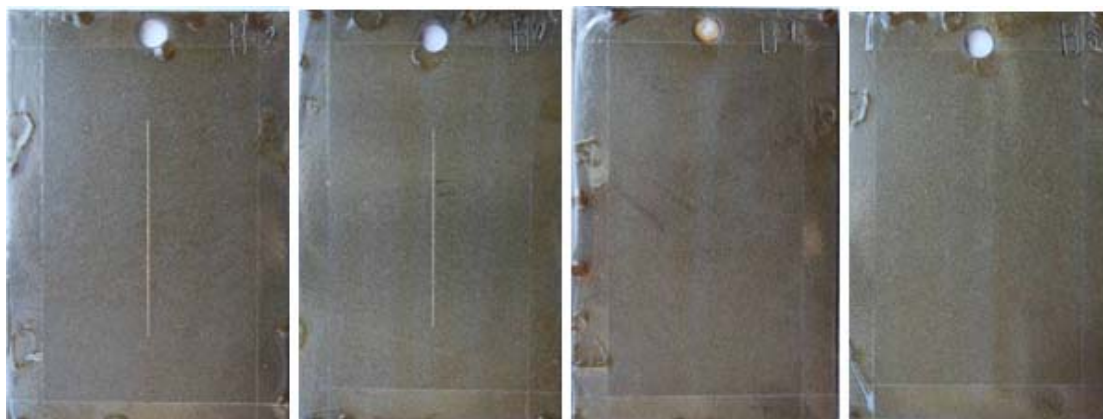
Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorazavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0 h expozice v korozní komoře				
IN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
IK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
IN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
IK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
4 h expozice v korozní komoře				
IN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
IK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
IN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
IK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
24 h expozice v korozní komoře				
IN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/1	0
IK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/2	0
IN3	0 (S0)	Ri1 (S2)	-	0
IK3	0 (S0)	Ri1 (S2)	-	0
48 h expozice v korozní komoře				
IN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/1	0
IK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/2	0
IN3	0 (S0)	Ri1 (S2)	-	0
IK3	0 (S0)	Ri1 (S2)	-	0
72 h expozice v korozní komoře				
IN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/2	Křídování 1
IK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/2	0
IN3	0 (S0)	Ri1 (S2)	-	0
IK3	0 (S0)	Ri1 (S2)	-	0

Tabulka č. 8.15 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
120 h expozice v korozní komoře				
IN4	2 (S3)	Ri2 (S3)	3/4	Křídování 2
IK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	3/3	0
IN3	2 (S3)	Ri2 (S3)	-	0
IK3	0 (S0)	Ri1 (S2)	-	0
240 h expozice v korozní komoře				
IN4	4 (S3)	Ri5 (S4)	5/5	Křídování 2
IK4	0 (S0)	Ri2 (S2)	4/5	0
IN3	3 (S3)	Ri5 (S4)	-	0
IK3	1 (S1)	Ri1 (S2)	-	0
480 h expozice v korozní komoře				
IN4	4 (S3)	Ri5 (S4)	5/5	Křídování 2
IK4	0 (S0)	Ri2 (S2)	5/5	0
IN3	3 (S3)	Ri5 (S4)	-	0
IK3	1 (S1)	Ri1 (S2)	-	0
600 h expozice v korozní komoře				
IN4	-	-	-	-
IK4	2 (S3)	Ri3 (S3)	5/5	0
IN3	-	-	-	-
IK3	2 (S4)	Ri3 (S3)	-	0
720 h expozice v korozní komoře				
IN4	-	-	-	-
IK4	3 (S4)	Ri3 (S4)	5/5	0
IN3	-	-	-	-
IK3	3 (S4)	Ri3 (S3)	-	0

Vzorky IN4 a IK4 vydržely 24 h expozice bez viditelného korozního napadení, došlo ke koroznímu napadení v řezu. Což odpovídá korozní odolnosti 4 měsíců v prostředí C5. Vzorek IN3 vydržel 120 h a IK3 vydržel 360h expozice bez viditelného korozního napadení. Což odpovídá korozní odolnosti 20 měsícům a 60 měsícům v prostředí C5.

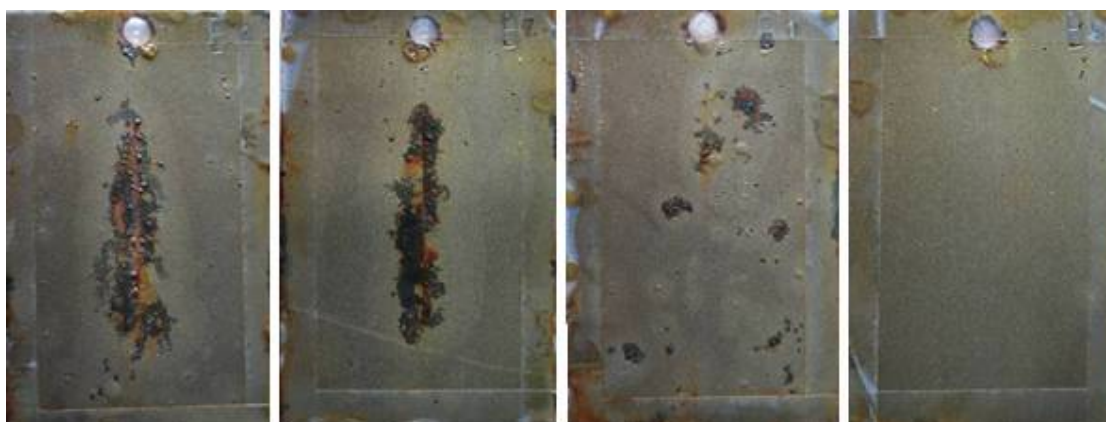
8.12.4 Výsledky korozní zkoušky vzorků BN4, BK4, BN3, BK3



Obr. č. 8.29 Fotodokumentace nátěrového systému BN4, BK4, BN3, BK3 před vložením do korozní komory – 0 h expozice



Obr. č. 8.30 Fotodokumentace nátěrového systému BN4, BK4, BN3, BK3 po 24 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.31 Fotodokumentace nátěrového systému BN4, BK4, BN3, BK3 po 240 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.32 Fotodokumentace nátěrového systému BN4, BK4, BN3, BK3 po 480 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.33 Fotodokumentace nátěrového systému BN4, BK4, BN3, BK3 po 600 h expozice v korozní komoře – degradace nanočástic a BK4



Obr. č. 8.34 Fotodokumentace nátěrového systému BK3 po 720 h expozice v korozní komoře



Tabulka č. 8.16 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

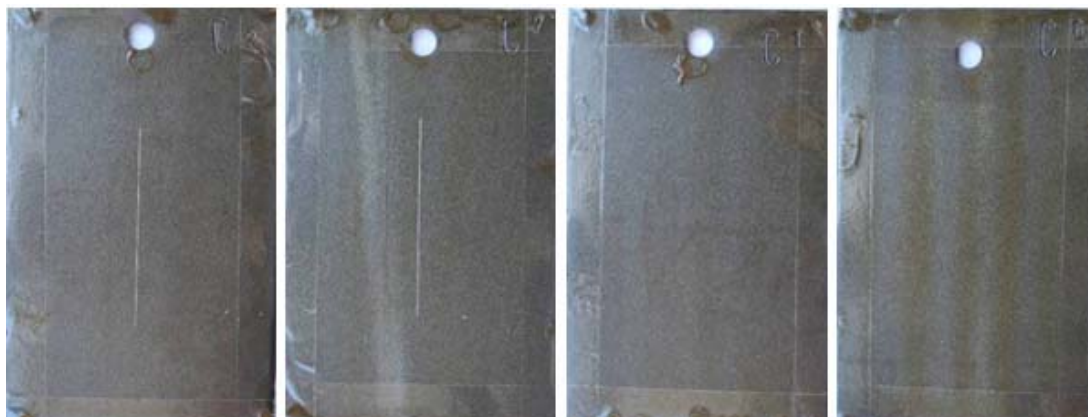
Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorazavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0 h expozice v korozní komoře				
BN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
BK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
BN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
BK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
4 h expozice v korozní komoře				
BN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
BK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
BN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
BK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
24 h expozice v korozní komoře				
BN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
BK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
BN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
BK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
48 h expozice v korozní komoře				
BN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
BK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
BN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
BK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
72 h expozice v korozní komoře				
BN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/1	0
BK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/1	0
BN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
BK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0

Tabulka č. 8.17 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

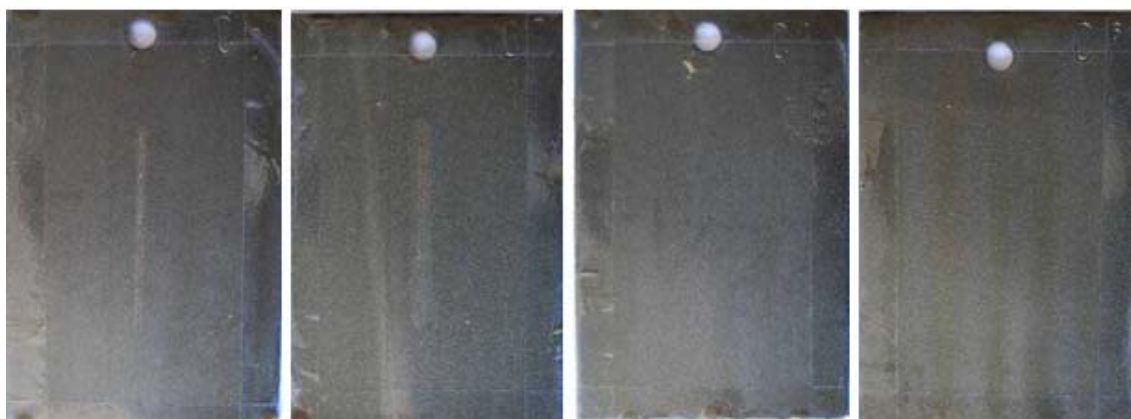
Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
120 h expozice v korozní komoře				
BN4	2 (S1)	Ri1 (S2)	2/3	0
BK4	2 (S1)	Ri1 (S2)	2/2	0
BN3	1 (S2)	Ri1 (S3)	-	0
BK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
240 h expozice v korozní komoře				
BN4	2 (S1)	Ri1 (S2)	2/3	0
BK4	2 (S1)	Ri1 (S2)	2/2	0
BN3	1 (S2)	Ri1 (S3)	-	0
BK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
480 h expozice v korozní komoře				
BN4	2 (S2)	Ri2 (S3)	4/5	0
BK4	2 (S2)	Ri2 (S3)	4/5	0
BN3	3 (S3)	Ri3 (S3)	-	0
BK3	2 (S2)	Ri0 (S0)	-	0
600 h expozice v korozní komoře				
BN4	4 (S5)	Ri5 (S5)	5/5	0
BK4	4 (S5)	Ri5 (S5)	5/5	0
BN3	4 (S5)	Ri5 (S5)	-	0
BK3	2 (S4)	Ri2 (S3)	-	0
720 h expozice v korozní komoře				
BN4	-	-	-	-
BK4	-	-	-	-
BN3	-	-	-	-
BK3	2 (S4)	Ri4 (S4)	-	-

Vzorky BN4 a BK4 vydržely 24 h expozice bez viditelného korozního napadení, došlo ke koroznímu napadení v řezu. Což odpovídá korozní odolnosti 4 měsíců v prostředí C5. Vzorek BN3 vydržel 120 h a BK3 vydržel 480 h expozice bez viditelného korozního napadení. Což odpovídá korozní odolnosti 20 měsíců a 80 měsíců v prostředí C5.

8.12.5 Výsledky korozní zkoušky vzorků CN4, CK4, CN3, CK3



Obr. č. 8.35 Fotodokumentace nátěrového systému CN4, CK4, CN3, CK3 před vložením do korozní komory – 0 h expozice



Obr. č. 8.36 Fotodokumentace nátěrového systému CN4, CK4, CN3, CK3 po 24 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.37 Fotodokumentace nátěrového systému CN4, CK4, CN3, CK3 po 240 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.38 Fotodokumentace nátěrového systému CN4, CK4, CN3, CK3 po 600 h expozice v korozní komoře – degradace nanočástic a CK4



Obr. č. 8.39 Fotodokumentace nátěrového systému CK3 po 720 h expozice v korozní komoře

Tabulka č. 8.18 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

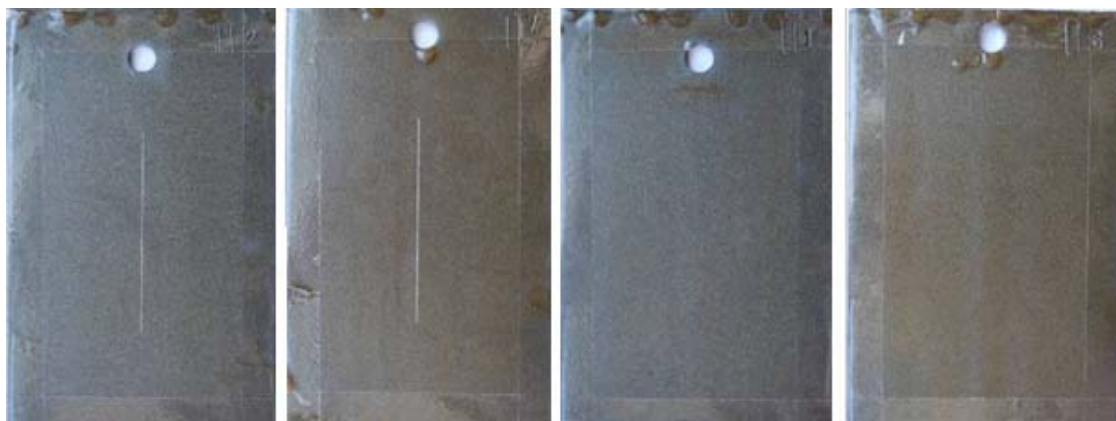
Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorazavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0 h expozice v korozní komoře				
CN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
CK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
CN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
CK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
4 h expozice v korozní komoře				
CN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
CK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
CN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
CK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
24 h expozice v korozní komoře				
CN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
CK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
CN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
CK3	0 (S0)	Ri2 (S2)	-	0
48 h expozice v korozní komoře				
CN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
CK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
CN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
CK3	0 (S0)	Ri2 (S2)	-	0
72 h expozice v korozní komoře				
CN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/4	0
CK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/3	0
CN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
CK3	0 (S0)	Ri4 (S2)	-	0

Tabulka č.8.19 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

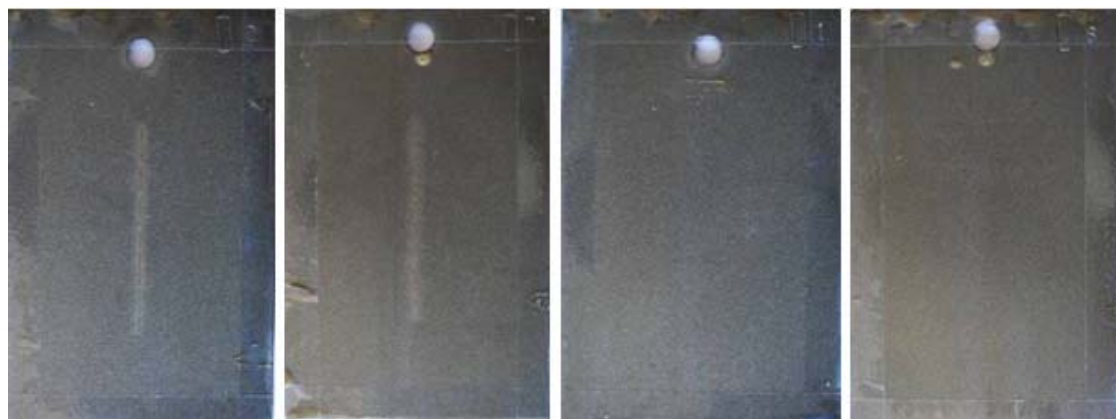
Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
120 h expozice v korozní komoře				
CN4	2 (S2)	Ri1 (S3)	3/4	0
CK4	0 (S0)	Ri1 (S3)	3/3	0
CN3	0 (S0)	Ri1 (S3)	-	0
CK3	0 (S0)	Ri4 (S2)	-	0
240 h expozice v korozní komoře				
CN4	4 (S4)	Ri4 (S5)	5/5	0
CK4	2 (S2)	Ri4 (S4)	5/5	0
CN3	3 (S2)	Ri2 (S4)	-	0
CK3	2 (S2)	Ri4 (S2)	-	0
480 h expozice v korozní komoře				
CN4	5 (S4)	Ri5 (S5)	5/5	0
CK4	4 (S4)	Ri5 (S5)	5/5	0
CN3	5 (S4)	Ri5 (S5)	-	0
CK3	3 (S4)	Ri4 (S4)	-	0
600 h expozice v korozní komoře				
CN4	5 (S5)	Ri5 (S5)	5/5	0
CK4	5 (S5)	Ri5 (S5)	5/5	0
CN3	5 (S5)	Ri5 (S5)	-	0
CK3	4 (S4)	Ri5 (S4)	-	0
720 h expozice v korozní komoře				
CN4	-	-	-	-
CK4	-	-	-	-
CN3	-	-	-	-
CK3	5 (S5)	Ri5 (S5)	-	-

Vzorky CN4 a CK4 vydržely 24 h expozice bez viditelného korozního napadení, došlo ke koroznímu napadení v řezu. Což odpovídá korozní odolnosti 4 měsíců v prostředí C5. Vzorek CN3 vydržel 120 h a CK3 vydržel 480 h expozice bez viditelného korozního napadení. Což odpovídá korozní odolnosti 20 měsíců a 80 měsíců v prostředí C5.

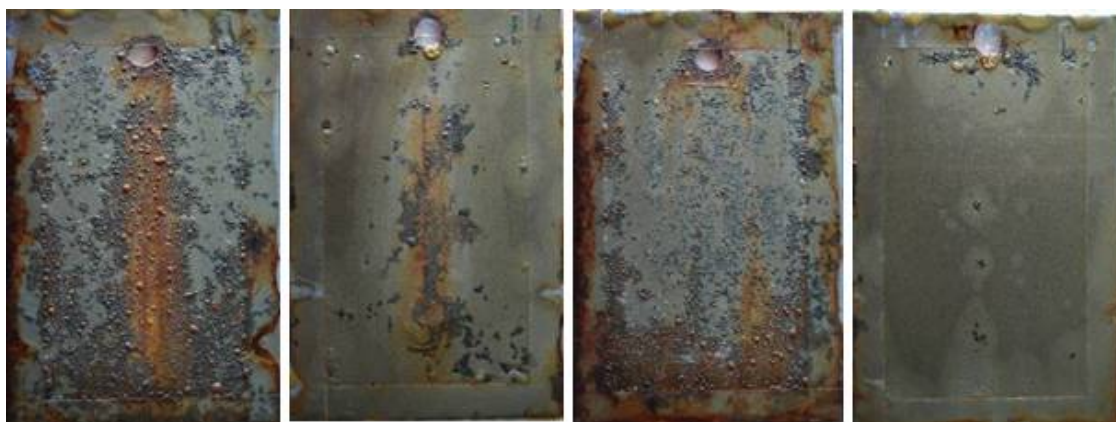
8.12.6 Výsledky korozní zkoušky vzorků DN4, DK4, DN3, DK3



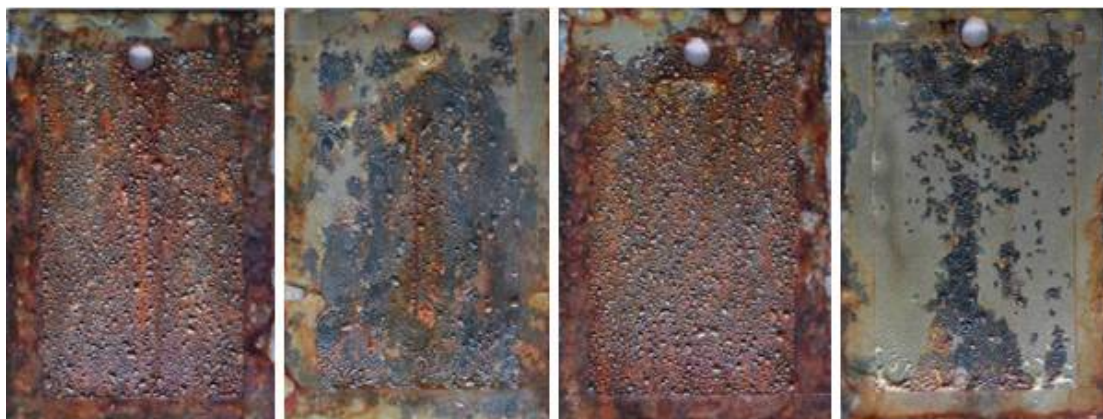
Obr. č. 8.40 Fotodokumentace nátěrového systému DN4, DK4, DN3, DK3 před vložením do korozní komory – 0 h expozice



Obr. č. 8.41 Fotodokumentace nátěrového systému DN4, DK4, DN3, DK3 po 24 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.42 Fotodokumentace nátěrového systému DN4, DK4, DN3, DK3 po 240 h expozice v korozní komoře



Obr. č. 8.43 Fotodokumentace nátěrového systému DN4, DK4, DN3, DK3 po 480 h expozice v korozní komoře – degradace nanočástic



Obr. č. 8.44 Fotodokumentace nátěrového systému DK4, DK3 po 600 h expozice v korozní komoře – degradace

Tabulka č. 8.20 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorazavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0 h expozice v korozní komoře				
DN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
DK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
DN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
DK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
4 h expozice v korozní komoře				
DN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
DK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
DN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
DK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
24 h expozice v korozní komoře				
DN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
DK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
DN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
DK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
48 h expozice v korozní komoře				
DN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/1	0
DK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
DN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
DK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
72 h expozice v korozní komoře				
DN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	2/1	0
DK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
DN3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
DK3	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0

Tabulka č. 8.21 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorazavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
120 h expozice v korozní komoře				
DN4	0 (S0)	Ri0 (S0)	5/5	0
DK4	0 (S0)	Ri0 (S0)	3/5	0
DN3	0 (S0)	Ri1 (S2)	-	0
DK3	0 (S0)	Ri3 (S2)	-	0
240 h expozice v korozní komoře				
DN4	3 (S2)	Ri3 (S3)	5/5	0
DK4	1 (S2)	Ri1 (S1)	3/5	0
DN3	2 (S2)	Ri2 (S3)	-	0
DK3	0 (S0)	Ri3 (S2)	-	0
480 h expozice v korozní komoře				
DN4	5 (S3)	Ri5 (S4)	5/5	0
DK4	5 (S4)	Ri5 (S4)	5/5	0
DN3	5 (S3)	Ri5 (S3)	-	0
DK3	5 (S3)	Ri5 (S3)	-	0
600 h expozice v korozní komoře				
DN4	-	-	-	-
DK4	5 (S5)	Ri5 (S5)	5/5	0
DN3	-	-	-	-
DK3	5 (S4)	Ri5 (S4)	-	0

Vzorky DN4 a DK4 vydržely 24 h expozice bez viditelného korozního napadení, došlo ke koroznímu napadení v řezu. Což odpovídá korozní odolnosti 4 měsíců v prostředí C5. Vzorek DN3 vydržel 120 h a DK3 vydržel 240 h expozice bez viditelného korozního napadení. Což odpovídá korozní odolnosti 20 měsícům a 40 měsícům v prostředí C5.

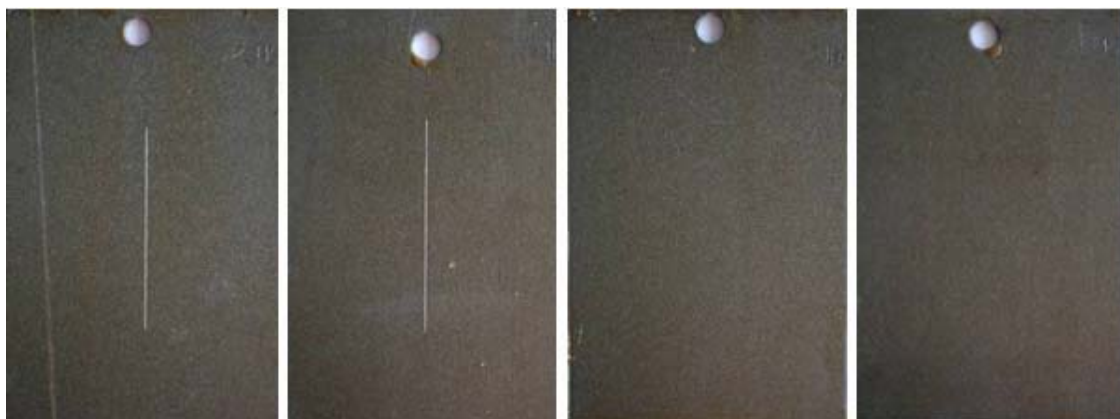
8.13 VÝSLEDKY ZRYCHLENÉ PONOROVÉ ZKOUŠKY ODOLNOSTI DLE ČSN 67 3087

Pro zrychlenou ponorovou zkoušku byly připraveny vzorky s řezem až k podkladu materiálu a vzorky bez řezu. Vzorky se kontrolovaly vizuálně po každém cyklu a pořizovala se fotodokumentace. Při namíchání lázně bylo měřeno pH roztoku. Kompletní fotodokumentace je uvedena v příloze č. 6.

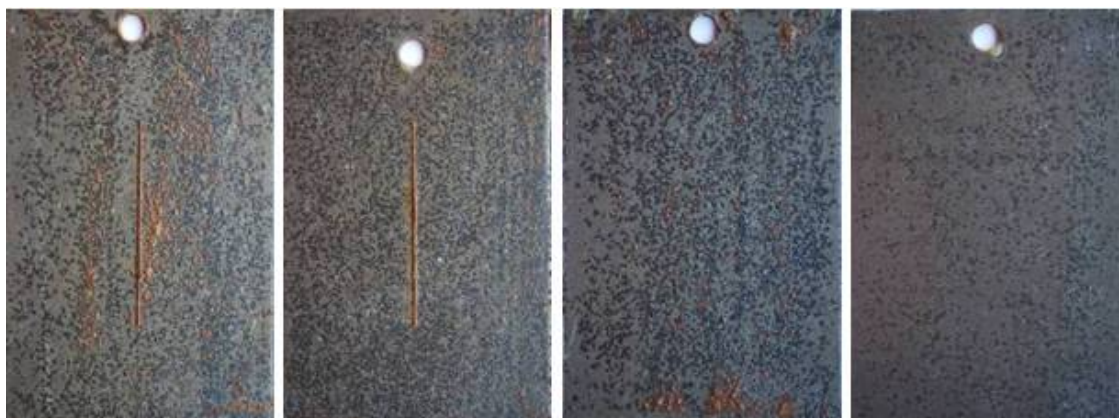
Tabulka č. 8.22 pH roztoku pro zrychlenou ponorovou zkoušku

Vzorek č.	Cyklus	pH
GN2, GK2, GN1, GK1	1. cyklus	2,59
	2. cyklus	2,63
	3. cyklus	2,61
HN2, HK2, HN1, HK1	1. cyklus	2,68
	2. cyklus	2,86
	3. cyklus	2,74
IN2, IK2, IN1, IK1	1. cyklus	2,76
	2. cyklus	2,64
	3. cyklus	2,87
BN2, BK2, BN1, BK1	1. cyklus	2,64
	2. cyklus	2,62
	3. cyklus	2,72
CN2, CK2, CN1, CK1	1. cyklus	2,97
	2. cyklus	2,70
	3. cyklus	2,58
DN2, DK2, DN1, DK1	1. cyklus	2,67
	2. cyklus	2,60
	3. cyklus	2,83

8.13.1 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků GN2, GK2, GN1, GK1



Obr. č. 8.45 Fotodokumentace nátěrového systému GN2, GK2, GN1, GK1 před vložením do ponorové lázně – 0. cyklus



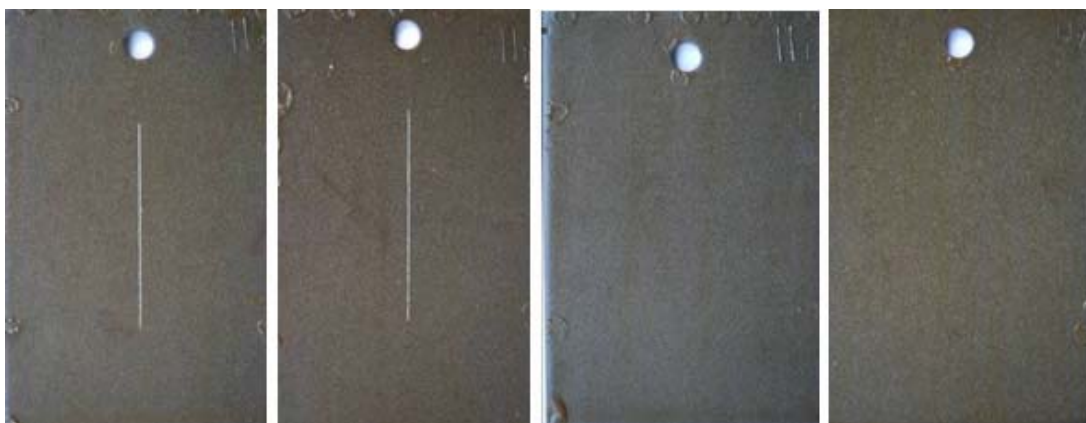
Obr. č. 8.46 Fotodokumentace nátěrového systému GN2, GK2, GN1, GK1 před vložením do ponorové lázně – 2. cyklus

Tabulka č. 8. 23 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

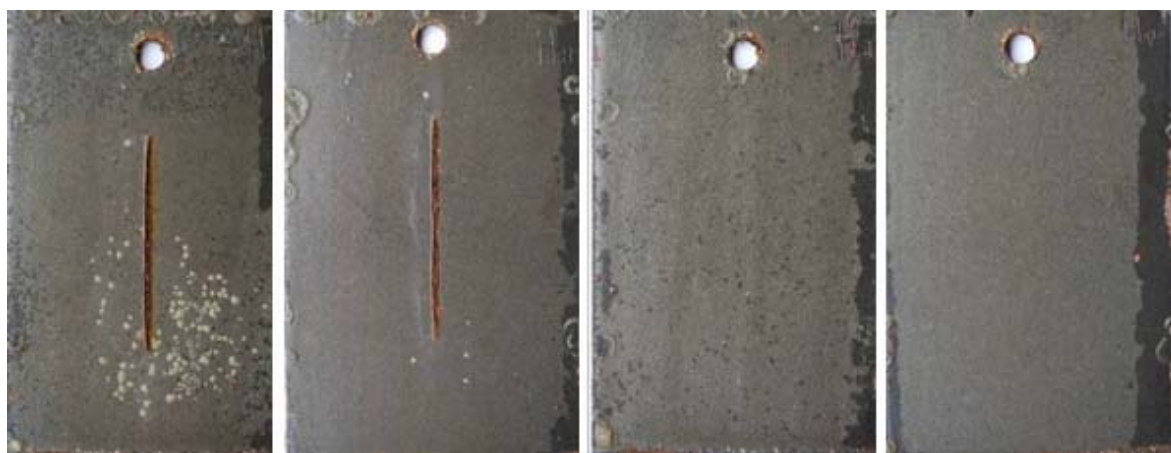
Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0. cyklus				
GN2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
GK2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
GN1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
GK1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
1. cyklus				
GN2	4 (S2)	Ri5 (S3)	1/1	0
GK2	4 (S2)	Ri5 (S2)	1/1	0
GN1	4 (S2)	Ri5 (S2)	-	0
GK1	3 (S2)	Ri4 (S2)	-	0
2. cyklus				
GN2	5 (S2)	Ri5 (S3)	2/3	0
GK2	4 (S2)	Ri5 (S3)	2/3	0
GN1	5 (S3)	Ri5 (S3)	-	0
GK1	4 (S2)	Ri5 (S3)	-	0

Po prvním cyklu se projevilo rovnoměrné podkorodování po celé ploše u všech vzorků. V oblasti řezu se objevuje koroze. Po druhém cyklu dochází ke značnému podkorodování po celé ploše vzorků a u řezů dochází k expanzi koroze i mimo řez. Objevují se puchýře.

8.13.2 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků HN2, HK2, HN1, HK1



Obr. č. 8.47 Fotodokumentace nátěrového systému HN2, HK2, HN1, HK1 před vložením do ponorové lázně – 0. cyklus



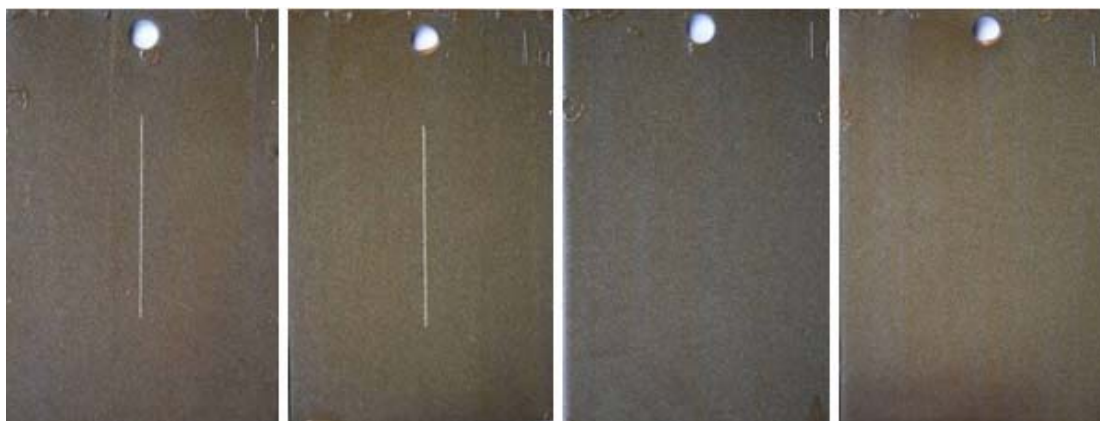
Obr. č. 8.48 Fotodokumentace nátěrového systému HN2, HK2, HN1, HK1 před vložením do ponorové lázně – 3. cyklus

Tabulka č. 8.24 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

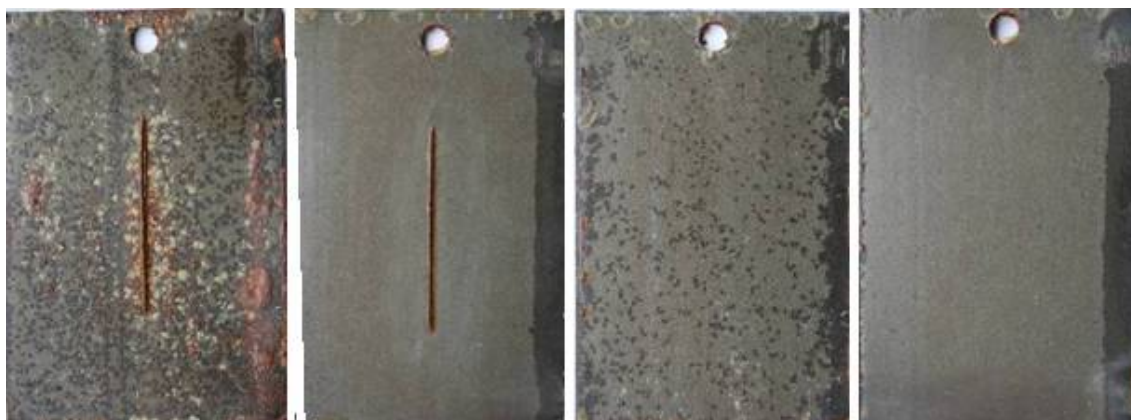
Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorézavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0. cyklus				
HN2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
HK2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
HN1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
HK1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
1. cyklus				
HN2	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	Křídování okolo řezu 2
HK2	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	Křídování okolo řezu 2
HN1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
HK1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
2. cyklus				
HN2	3 (S2)	Ri1 (S2)	3/2	0
HK2	2 (S2)	Ri1 (S2)	3/2	0
HN1	2 (S2)	Ri1 (S2)	-	0
HK1	1 (S2)	Ri1 (S2)	-	0
3. cyklus				
HN2	4 (S2)	Ri3 (S4)	4/4	0
HK2	2 (S2)	Ri1 (S3)	4/4	0
HN1	3 (S2)	Ri3 (S3)	-	0
HK1	1 (S2)	Ri1 (S3)	-	0

Po prvním cyklu se objevilo slabé křídování v oblasti řezu a v řezu korozní napadení. Po druhém cyklu se u vzorků v řezu rozrůstá korozní napadení a na ploše se objevují puchýře. U vzorků bez řezu se objevuje podkorodování v oblasti hran. Po třetím cyklu se otvírá řez a koroze roste dál. Na ploše se objevuje podkorodování a roste podkorodování v oblasti hran.

8.13.3 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků IN2, IK2, IN1, IK1



Obr. č. 8.49 Fotodokumentace nátěrového systému IN2, IK2, IN1, IK1 před vložením do ponorové lázně – 0. cyklus



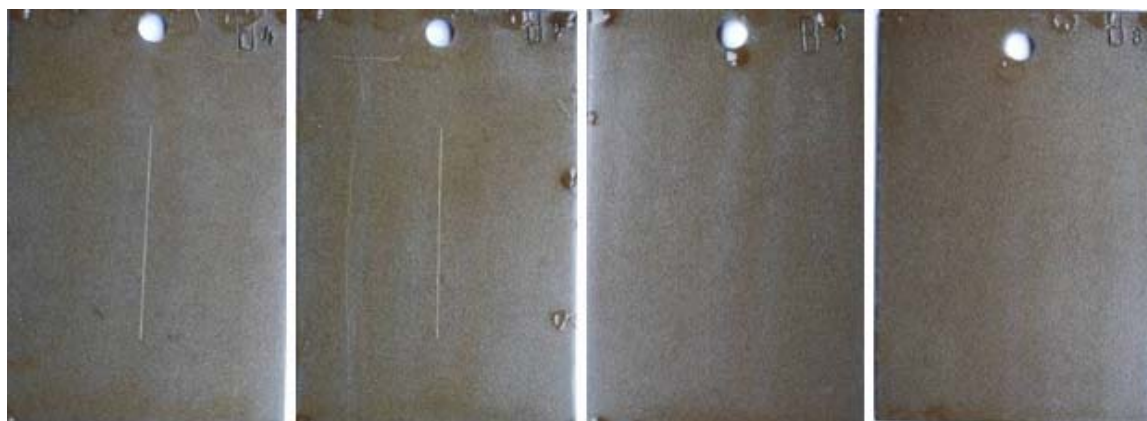
Obr. č. 8.50 Fotodokumentace nátěrového systému IN2, IK2, IN1, IK1 před vložením do ponorové lázně – 3. cyklus

Tabulka č. 8.25 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorazavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0. cyklus				
IN2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
IK2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
IN1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
IK1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
1. cyklus				
IN2	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	Křídování okolo řezu 3
IK2	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	Křídování okolo řezu 2
IN1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	Křídování 2
IK1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	Křídování 2
2. cyklus				
IN2	3 (S4)	Ri4 (S5)	3/2	Křídování okolo řezu 3
IK2	1 (S1)	Ri2 (S2) hrana	3/2	Křídování okolo řezu 2
IN1	3 (S2)	Ri3 (S3)	-	Křídování 2
IK1	0 (S0)	Ri2 (S2) hrana	-	Křídování 2
3. cyklus				
IN2	4 (S5)	Ri5 (S5)	4/5	0
IK2	1 (S1)	Ri2 (S2) hrana	3/3	0
IN1	4 (S2)	Ri4 (S3)	-	0
IK1	1 (S1)	Ri2 (S2) hrana	-	0

Po prvním cyklu se objevilo slabé křídování v oblasti řezu a v řezu korozní napadení. Po druhém cyklu se objevuje podkorodování na ploše u vzorků s nanočásticemi a na hranách. U vzorku IN2 dochází ke vzniku puchýřů. Po třetím cyklu se po celé ploše objevuje podkorodování a vznik puchýřů u vzorků s nanočásticemi. U vzorků s klasickými částicemi roste podkorodování na hranách a v řezu.

8.13.4 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků BN2, BK2, BN1, BK1



Obr. č. 8.51 Fotodokumentace nátěrového systému BN2, BK2, BN1, BK1 před vložením do ponorové lázně – 0. cyklus



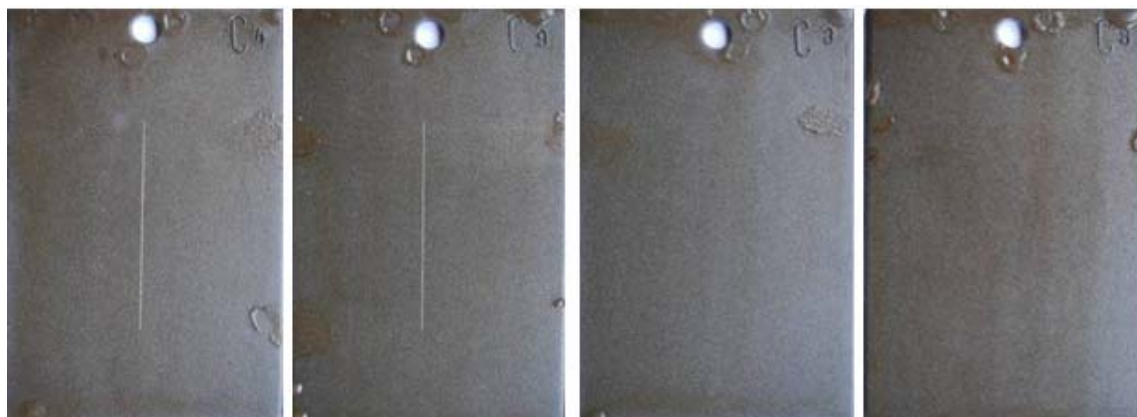
Obr. č. 8.52 Fotodokumentace nátěrového systému BN2, BK2, BN1, BK1 před vložením do ponorové lázně – 3. cyklus

Tabulka č. 8.26 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

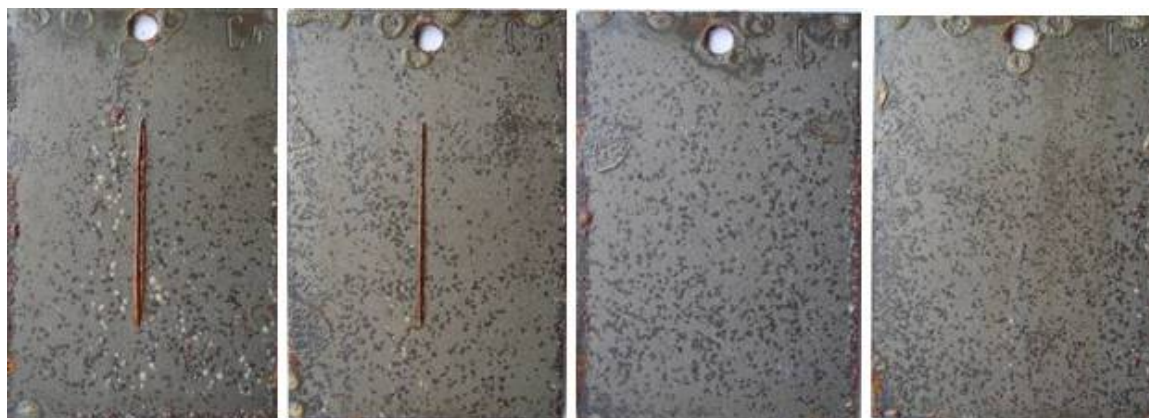
Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorozavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0. cyklus				
BN2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
BK2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
BN1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
BK1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
1. cyklus				
BN2	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
BK2	0 (S0)	Ri0 (S0)	1/1	0
BN1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
BK1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
2. cyklus				
BN2	3 (S2)	Ri3 (S4)	3/3	0
BK2	3 (S2)	Ri1 (S3)	3/2	0
BN1	3 (S2)	Ri3 (S4)	-	0
BK1	2 (S2)	Ri2 (S3)	-	0
3. cyklus				
BN2	4 (S2)	Ri4 (S4)	3/4	0
BK2	4 (S3)	Ri2 (S4)	3/3	0
BN1	4 (S2)	Ri4 (S4)	-	0
BK1	3 (S2)	Ri3 (S4)	-	0

Po prvním cyklu se objevilo slabé podkorodování na hranách a v řezu korozní napadení. Po druhém cyklu se objevuje podkorodování na ploše a roste na hranách. V řezech se zvětšuje korozní napadení. Po třetím cyklu se objevují první puchýře v oblasti hran.

8.13.5 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků CN2, CK2, CN1, CK1



Obr. č. 8.53 Fotodokumentace nátěrového systému CN2, CK2, CN1, CK1 před vložením do ponorové lázně – 0. cyklus



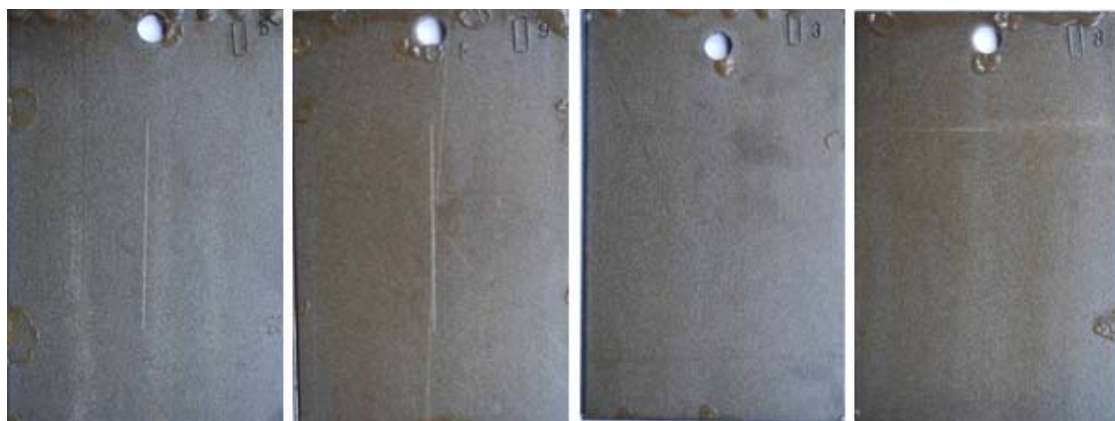
Obr. č. 8.54 Fotodokumentace nátěrového systému CN2, CK2, CN1, CK1 před vložením do ponorové lázně – 3. cyklus

Tabulka č. 8.27 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorozavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0. cyklus				
CN2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
CK2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
CN1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
CK1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
1. cyklus				
CN2	0 (S0)	Ri4 (S2)	1/1	0
CK2	0 (S0)	Ri4 (S2)	1/1	0
CN1	0 (S0)	Ri4 (S2)	-	0
CK1	0 (S0)	Ri4 (S2)	-	0
2. cyklus				
CN2	2 (S2)	Ri4 (S3)	2/3	0
CK2	2 (S2)	Ri4 (S3)	2/3	0
CN1	2 (S2)	Ri4 (S3)	-	0
CK1	2 (S2)	Ri4 (S3)	-	0
3. cyklus				
CN2	3 (S3)	Ri5 (S3)	4/4	0
CK2	2 (S2)	Ri5 (S3)	3/3	0
CN1	2 (S3)	Ri5 (S3)	-	0
CK1	2 (S3)	Ri5 (S3)	-	0

Po prvním cyklu se objevilo slabé podkorodování na hranách a v řezu korozní napadení. Po druhém cyklu se objevuje podkorodování na ploše a roste na hranách. V řezech se zvětšuje korozní napadení. Po třetím cyklu se objevují první puchýře v oblasti hran.

8.13.6 Výsledky zrychlené ponorové zkoušky vzorků DN2, DK2, DN1, DK1



Obr. č. 8.55 Fotodokumentace nátěrového systému DN2, DK2, DN1, DK1 před vložením do ponorové lázně – 0. cyklus



Obr. č. 8.56 Fotodokumentace nátěrového systému DN2, DK2, DN1, DK1 před vložením do ponorové lázně – 3. cyklus

Tabulka č. 8.28 Vyhodnocení degradace nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 4628

Vzorek č.	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Stupeň delaminace	Intenzita změn
0. cyklus				
DN2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
DK2	0 (S0)	Ri0 (S0)	0/0	0
DN1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
DK1	0 (S0)	Ri0 (S0)	-	0
1. cyklus				
DN2	2 (S2)	Ri2 (S2)	2/1	0
DK2	0 (S0)	Ri2 (S2)	1/1	0
DN1	2 (S2)	Ri3 (S2)	-	0
DK1	0 (S0)	Ri4 (S2)	-	0
2. cyklus				
DN2	5 (S3)	Ri5 (S4)	4/4	0
DK2	3 (S2)	Ri3 (S3)	4/4	0
DN1	4 (S3)	Ri4 (S4)	-	0
DK1	2 (S2)	Ri4 (S2)	-	0
3. cyklus				
DN2	5 (S4)	Ri5 (S4)	5/5	0
DK2	5 (S3)	Ri3 (S3)	5/5	0
DN1	5 (S4)	Ri5 (S4)	-	0
DK1	5 (S2)	Ri4 (S3)	-	0

Po prvním cyklu se objevilo slabé podkorodování na hranách a v řezu korozní napadení. Po druhém cyklu se objevuje podkorodování na ploše a roste na hranách, objevují se první puchýře. V řezech se zvětšuje korozní napadení. Po třetím cyklu narůstají puchýře po ploše. Podkorodování je na celé ploše vzorků.

8.14 STANOVENÍ VÝTOKOVÉ DOBY DLE ČSN EN ISO 2431

Po namíchání se výtoková doba měřila pomocí výtokového pohárku s výtokovou tryskou o průměru 6 mm. Po prvním, druhém a třetím měsíci ustálení se nátěry s obsahem nanočástic měřily pomocí výtokové tryska o průměru 6 mm a 5 mm. Kinematická viskozita se odečetla dle naměřeného průměrného času z kalibrační křivky (viz obr. č. 7.4).

Tabulka č. 8.29 Vyhodnocení kinematické viskozity dle ČSN EN ISO 2431

Nátěr č.	Průměrná rychlost průtoku [s]	Odečtená kinematická viskozita [mm ² /s]	Vypočtená kinematická viskozita [mm ² /s]
0. měsíc skladování			
GN	92,24	620,00	630,28
GK	89,43	600,00	610,69
HN	63,31	420,00	427,84
HK	96,43	650,00	659,46
IN	52,37	350,00	350,47
IK	89,36	610,00	610,21
BN	90,12	620,00	615,50
BK	94,02	630,00	642,68
CN	39,21	250,00	256,01
CK	77,18	520,00	525,16
DN	34,31	220,00	220,13
DK	86,42	580,00	589,70
1. měsíc skladování			
GN	89,16	600,00	608,81
GK	86,59	580,00	590,89
HN	56,43	370,00	379,27
HK	93,48	650,00	638,91
IN	45,58	300,00	302,00
IK	87,17	580,00	594,93
BN	80,34	520,00	547,25
BK	76,43	510,00	519,91
CN	37,60	250,00	244,24
CK	65,08	430,00	440,29
DN	30,54	200,00	192,06
DK	70,93	480,00	481,38

Tabulka č. 8.30 Vyhodnocení kinematické viskozity dle ČSN EN ISO 2431

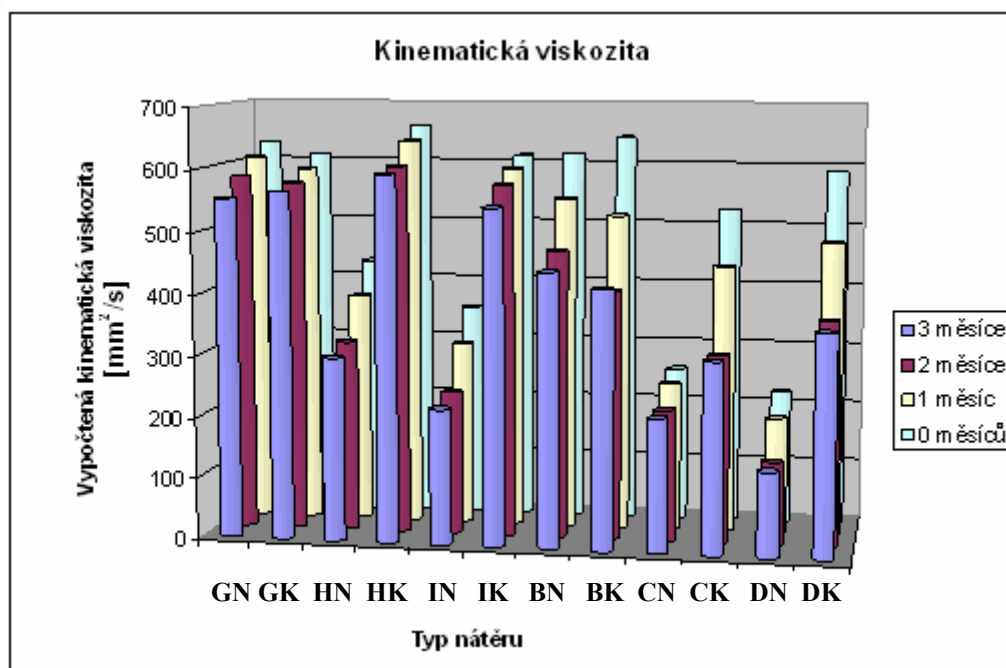
Nátěr č.	Průměrná rychlost průtoku [s]	Odečtená kinematická viskozita [mm ² /s]	Vypočtená kinematická viskozita [mm ² /s]
2. měsíc skladování			
GN	85,54	570,00	583,56
GK	84,07	570,00	573,30
HN	47,25	300,00	313,96
HK	88,20	600,00	602,12
IN	36,20	220,00	234,03
IK	84,24	560,00	574,49
BN	69,34	400,00	470,23
BK	60,18	400,00	405,77
CN	33,61	200,00	214,95
CK	46,38	300,00	307,73
DN	23,35	120,00	136,70
DK	54,60	350,00	366,30
3. měsíc skladování			
GN	81,38	600,00	554,52
GK	82,94	550,00	565,41
HN	45,31	300,00	300,06
HK	87,30	580,00	595,84
IN	34,53	215,00	221,75
IK	80,19	530,00	546,20
BN	65,85	430,00	445,71
BK	62,16	400,00	419,73
CN	34,02	200,00	217,98
CK	46,88	300,00	311,31
DN	23,49	120,00	137,82
DK	53,83	350,00	360,84

Pro kontrolu správného odečtu z kalibrační křivky je možné kinematickou viskozitu spočítat dle vztahu:

$$\nu = 6,9 \cdot t - \frac{570}{t} \quad [\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (8.4)$$

ν - kinematická viskozita [mm²·s⁻¹]

t - výtoková doba [s]



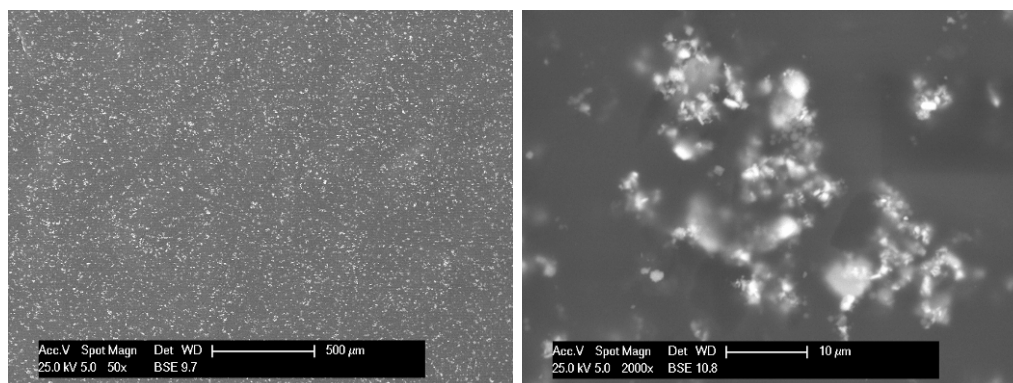
Graf. č. 8.6 Kinematická viskozita nátěrů

Po prvním měsíci skladování nedocházelo k významné sedimentaci pigmentových částic. Ta se projevila až po dvou měsících skladování.

8.15 VÝSLEDKY POVRCHU NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ METODOU SEM

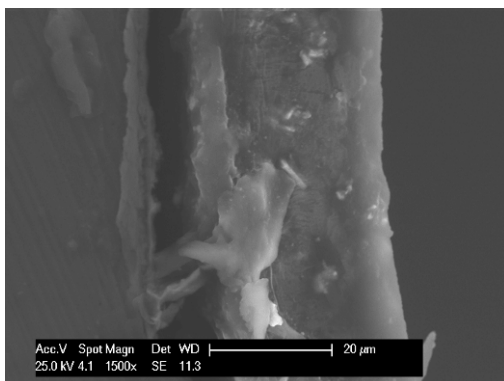
Měření na nátěrových systémech se provádělo na přístroji PHILLIPS XL30 Series, v Laboratoři elektronové mikroskopie Centra Nanotechnologií, VŠB-TU Ostrava.

Vzorek GN



Obr. č. 8.57 SEM snímek (BSE) zvětšení 50x a 2000x

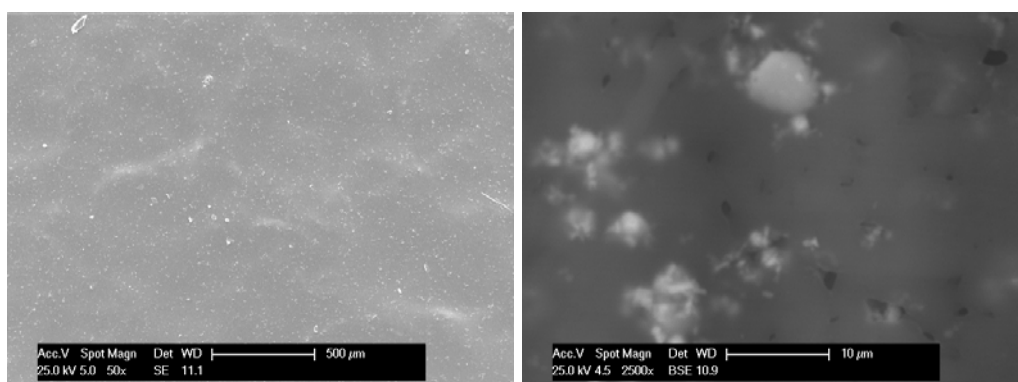
U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.



Obr. č. 8.58 SEM snímek (SE) zvětšení 1500x - nářez z profilu

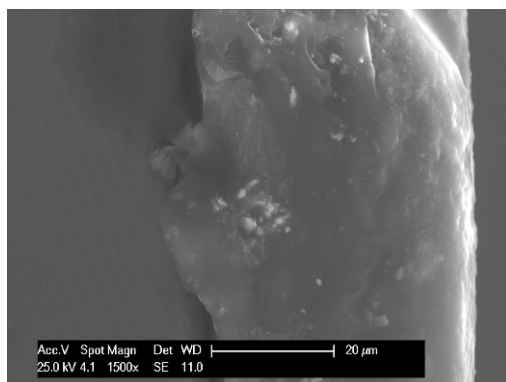
Zde je patrné, že částice v nářezu nesedimentují k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Vzorek GK



Obr. č. 8.59 SEM snímek (SE a BSE) zvětšení 50x a 2500x

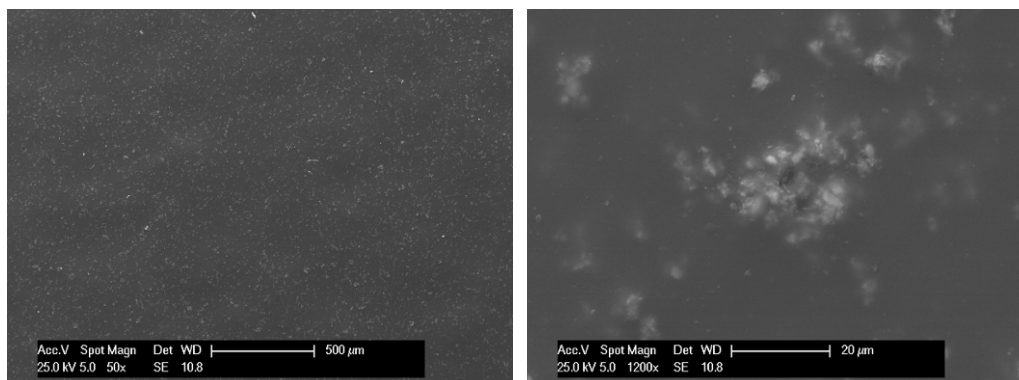
U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.



Obr. č. 8.60 SEM snímek (SE) zvětšení 1500x - nářez z profilu

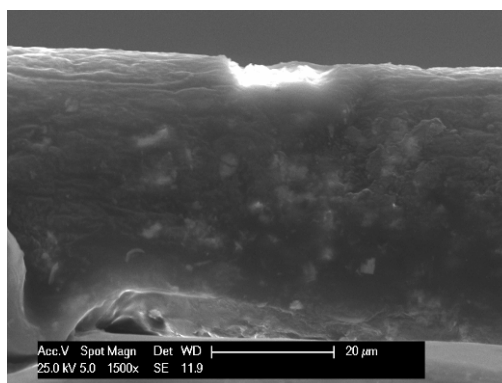
Zde je patrné, že částice v nátěru nesedimentují příliš k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Vzorek HN



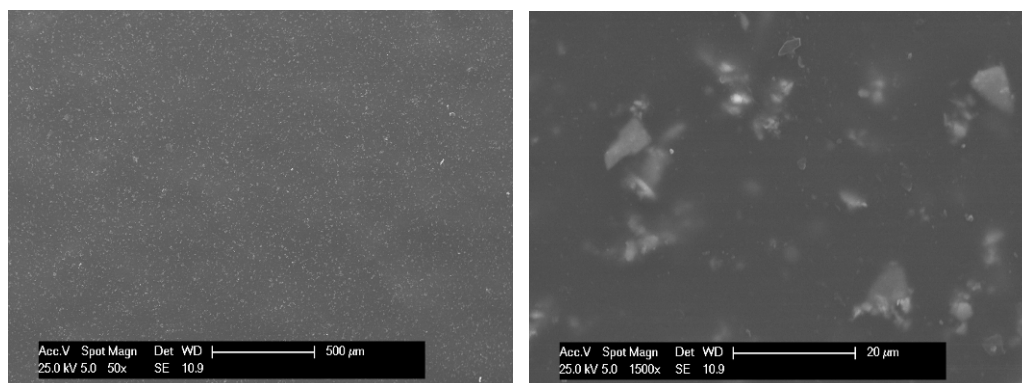
Obr. č. 8.61 SEM snímek (SE) zvětšení 50x a 1200x

Nátěr se jeví jako celistvý a kompaktní po celém povrchu. U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.

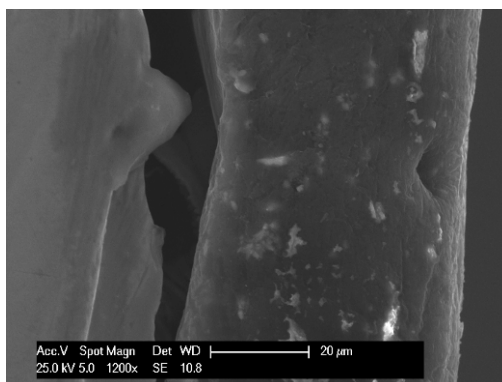


Obr. č. 8.62 SEM snímek (SE) zvětšení 1500x - nátěr z profilu

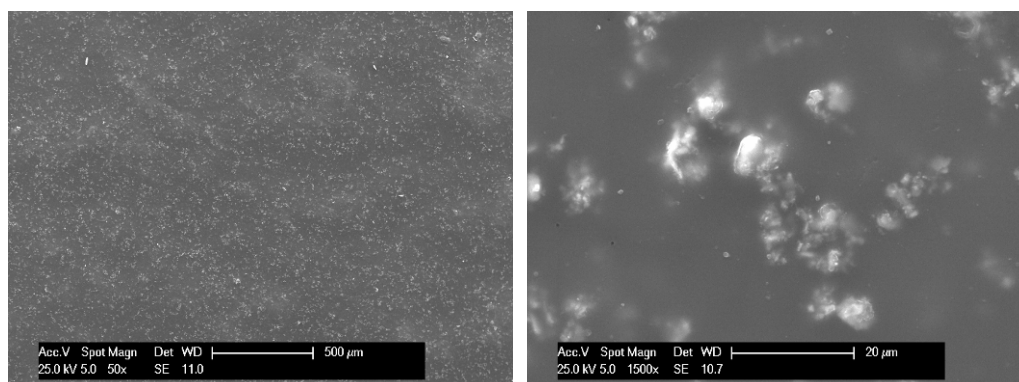
Zde je patrné, že částice v nátěru nesedimentují příliš k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Vzorek HK*Obr. č. 8.63 SEM snímek (SE) zvětšení 50x a 3500x*

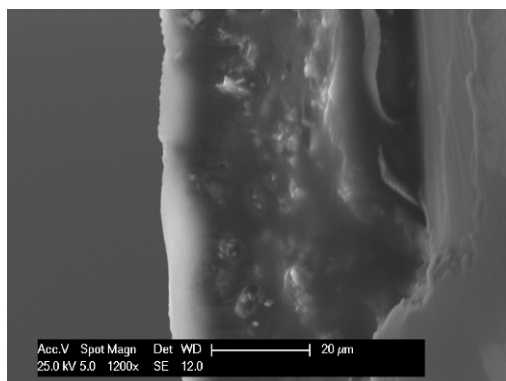
Nátěr se jeví jako celistvý a kompaktní po celém povrchu. U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.

*Obr. č. 8.64 SEM snímek (SE) zvětšení 1200x - nátěr z profilu*

Zde je patrné, že částice v nátěru nesedimentují příliš k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Vzorek IN*Obr. č. 8.65 SEM snímek (SE) zvětšení 50x a 1500x*

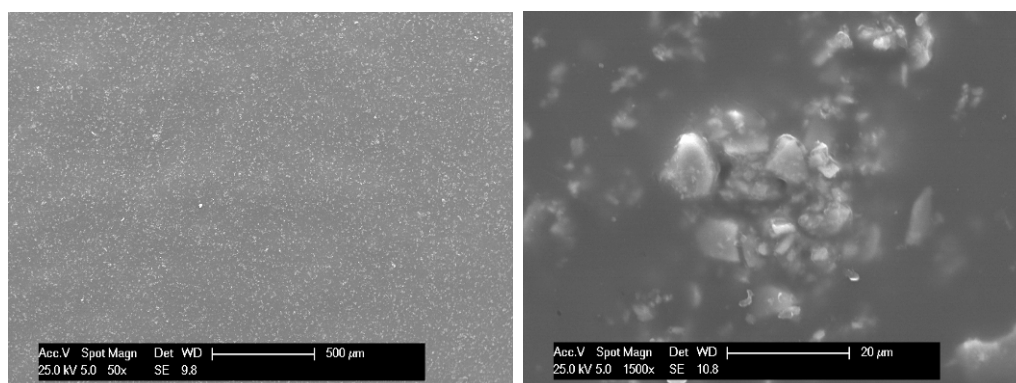
Nátěr se jeví jako celistvý a kompaktní po celém povrchu. U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.



Obr. č. 8.66 SEM snímek (SE) zvětšení 1200x - nátěr z profilu

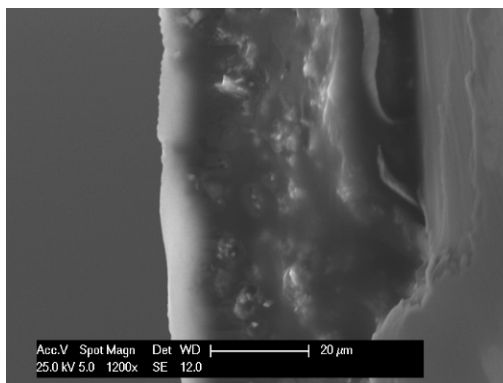
Zde je patrné, že částice v nátěru nesedimentují příliš k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Vzorek IK



Obr. č. 8.67 SEM snímek (SE) zvětšení 50x a 1500x

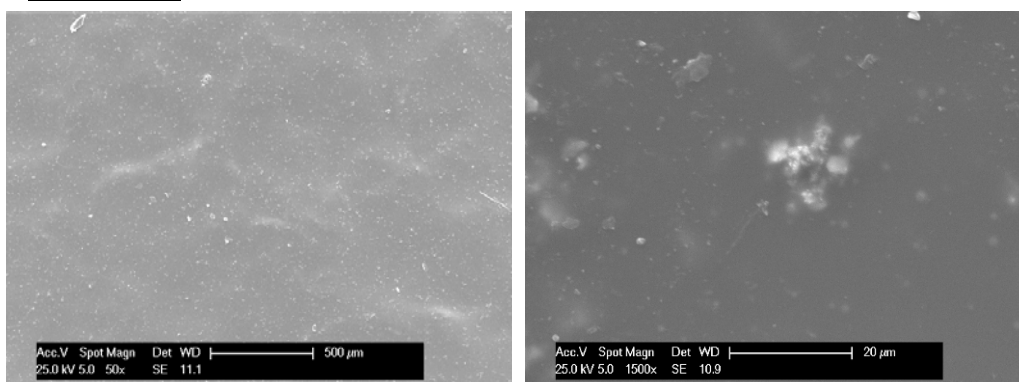
Nátěr se jeví jako celistvý a kompaktní po celém povrchu. U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.



Obr. č. 8.68 SEM snímek (SE) zvětšení 1200x - nátěr z profilu

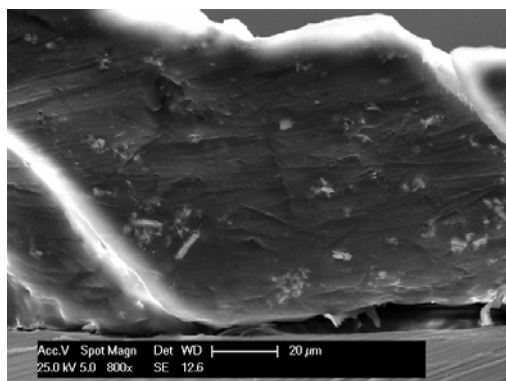
Zde je patrné, že částice v nátěru nesedimentují příliš k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Vzorek BN



Obr. č. 8.69 SEM snímek (SE) zvětšení 50x a 1500x

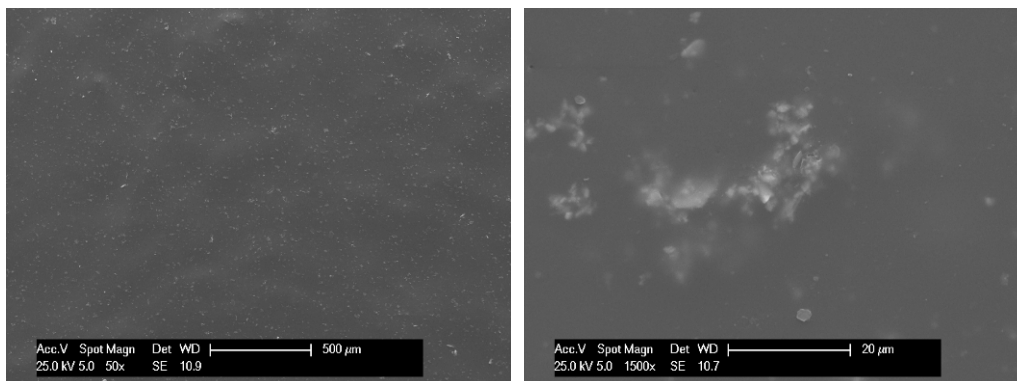
Nátěr se jeví jako celistvý a kompaktní po celém povrchu. U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.



Obr. č. 8.70 SEM snímek (SE) zvětšení 800x - nátěr z profilu

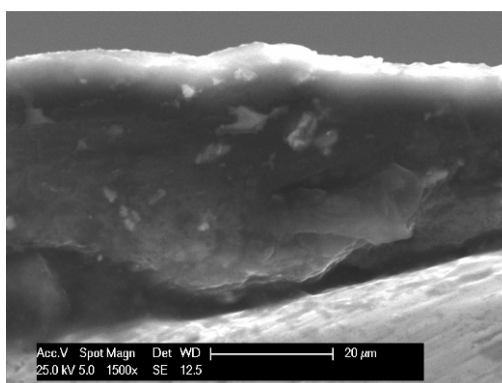
Zde je patrné, že částice v nátěru nesedimentují příliš k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Vzorek BK



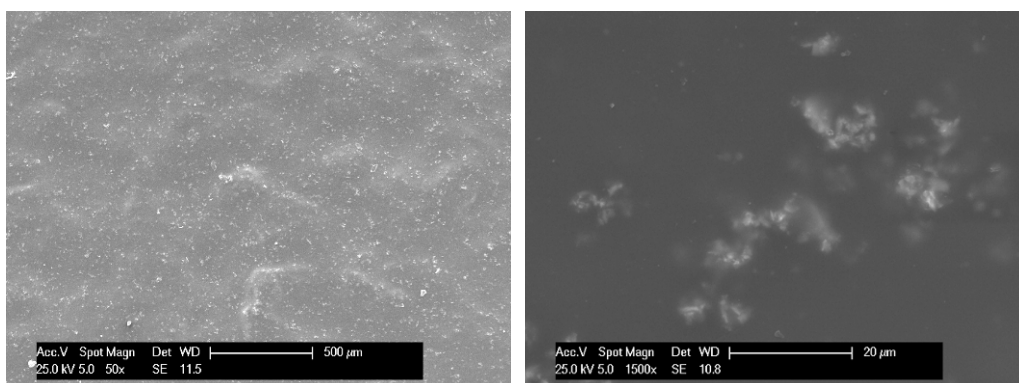
Obr. č. 8.71 SEM snímek (SE) zvětšení 50x a 1500x

Nátěr se jeví jako celistvý a kompaktní po celém povrchu. U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.

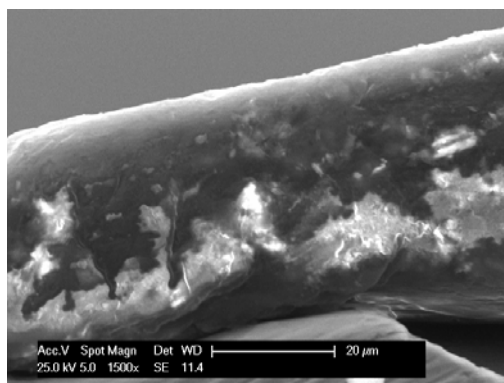


Obr. č. 8.72 SEM snímek (SE) zvětšení 1500x - nátěr z profilu

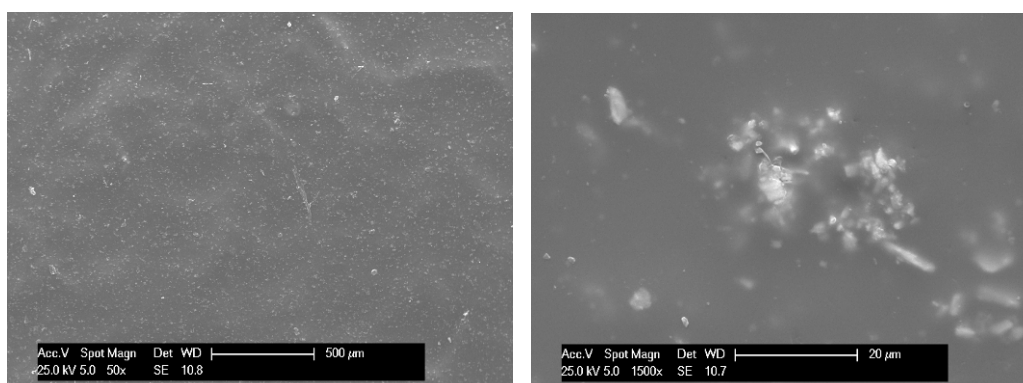
Zde je patrné, že částice v nátěru nesedimentují příliš k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Vzorek CN*Obr. č. 8.73 SEM snímek (SE) zvětšení 50x a 1500x*

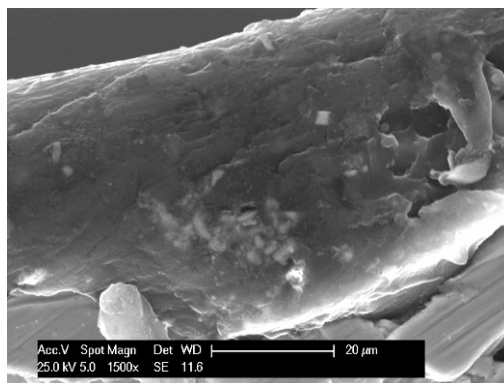
Nátěr se jeví jako celistvý a kompaktní po celém povrchu. U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.

*Obr. č. 8.74 SEM snímek (SE) zvětšení 1500x - nátěr z profilu*

Zde je patrné, že částice v nátěru nesedimentují příliš k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Vzorek CK*Obr. č. 8.75 SEM snímek (SE) zvětšení 50x a 1500x*

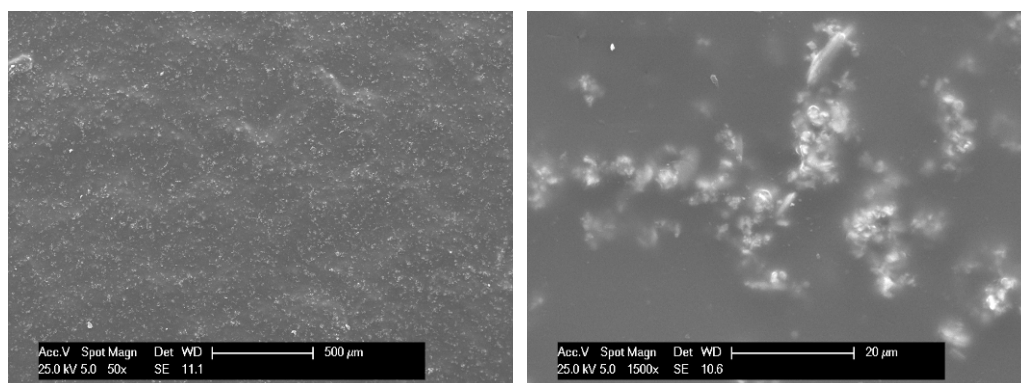
Nátěr se jeví jako celistvý a kompaktní po celém povrchu. U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.



Obr. č. 8.76 SEM snímek (SE) zvětšení 1500x - nátěr z profilu

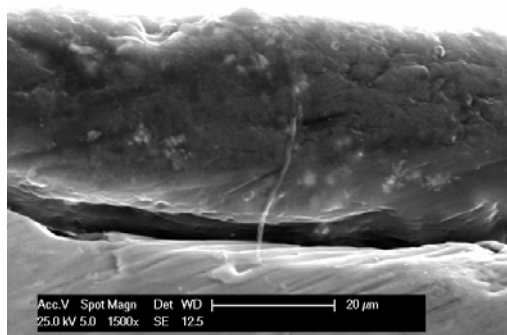
Zde je patrné, že částice v nátěru nesedimentují příliš k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Vzorek DN



Obr. č. 8.77 SEM snímek (SE) zvětšení 50x a 1500x

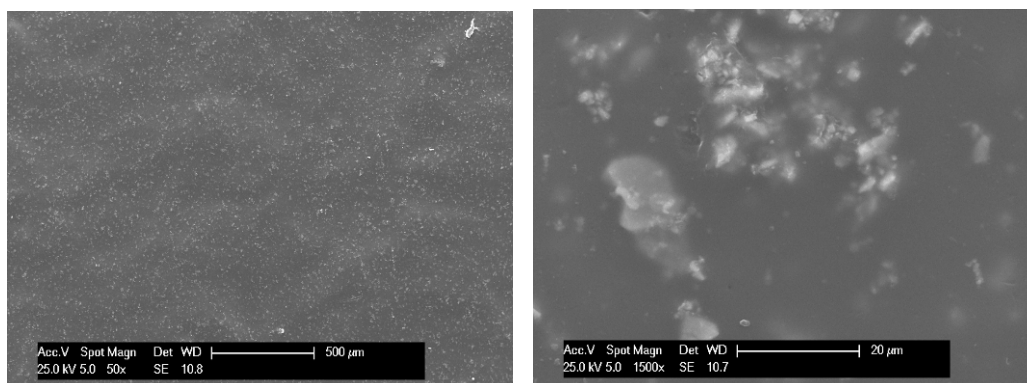
Nátěr se jeví jako celistvý a kompaktní po celém povrchu. U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.



Obr. č. 8.78 SEM snímek (SE) zvětšení 1500x - nátěr z profilu

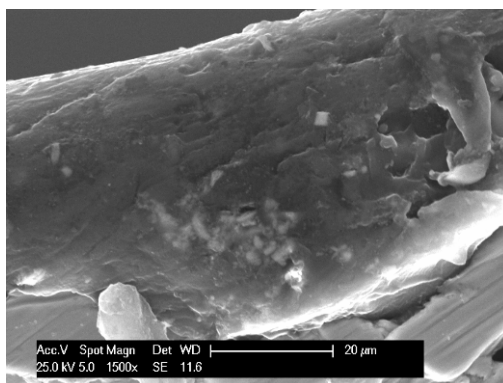
Zde je patrné, že částice v nátěru nesedimentují příliš k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Vzorek DK



Obr. č. 8.79 SEM snímek (SE) zvětšení 50x a 1500x

Nátěr se jeví jako celistvý a kompaktní po celém povrchu. U většího zvětšení je patrné, že dochází ke shlukům nanočástic. Vytvářejí se aglomeráty.



Obr. č. 8.80 SEM snímek (SE) zvětšení 1500x - nátěr z profilu

Zde je patrné, že částice v nátěru nesedimentují příliš k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

Celkově se u všech nátěrových systémů se chovají klasické částice a nanočástice stejným způsobem. Vytvářejí se aglomeráty částic, které nesedimentují k povrchu materiálu, ale zůstávají ve vznosu.

8.16 VÝSLEDKY MĚŘENÍ METODOU AFM POVRCHU NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ PLNĚNÝCH NANOČÁSTICEMI

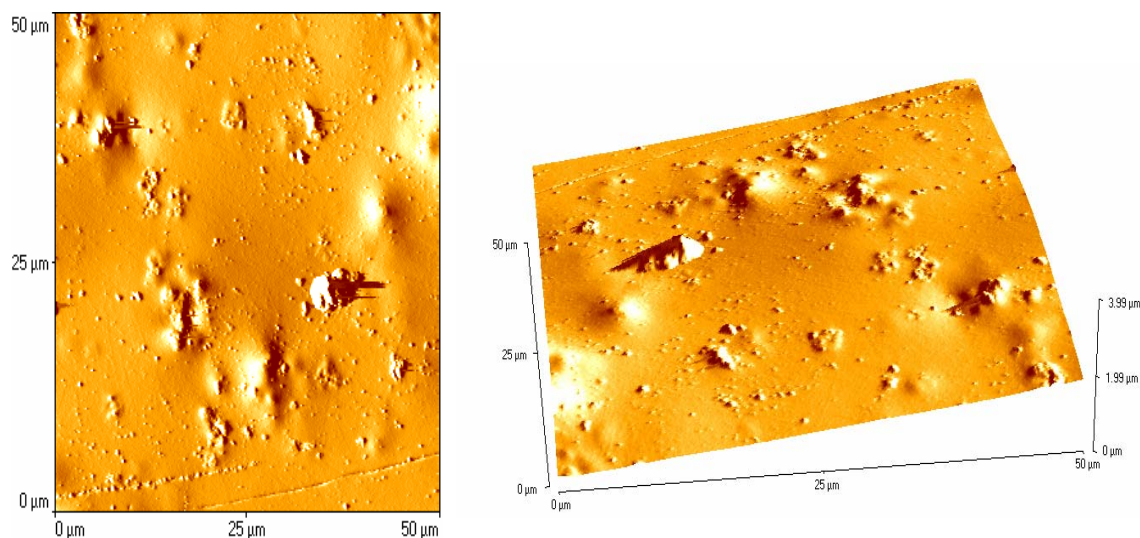
Měření probíhalo na přístroji Thermo Microscopes AFM-Explorer™, v Laboratoři mikroskopie atomárních sil na Centru nanotechnologií, VŠB-TU Ostrava, nekontaktním módem měření. Byly pořízeny 2D a 3D dokumentace povrchu nátěrů s obsahem nanočástic ZP 10 včetně vzdálenostních měření velikosti částic. U všech měření byly zachovány stejné parametry. Tedy umístění přístroje na vzorku, byly zachovány oblasti měření 50x50 μm a byly vybrány vždy pozicově identické reliéfy povrchu na vzorcích.

U 3D snímků je výšková hodnota (osa z) aglomerátů částic měřena od povrchu nátěru. U 2D snímků byly měřeny průměrné délkové velikosti nanočástic, přičemž všechna měření probíhala ve stejném směru. Použitý software pro měření umožňuje provést pouze 18 měření.

Aglomeráty částic a samostatné částice vystupující z povrchu sledovaných vzorků jsou vždy ovlivněny způsobem nátěru a mírou smrštitelnosti nanášené nátěrové vrstvy vzorku po vysušení. Proměnnou ovlivňující rovněž vzhled a aglomeraci částic je teplota výpalu nátěrové vrstvy a množství zamíchávaných částic do nátěrové vrstvy před samotným nanesením.

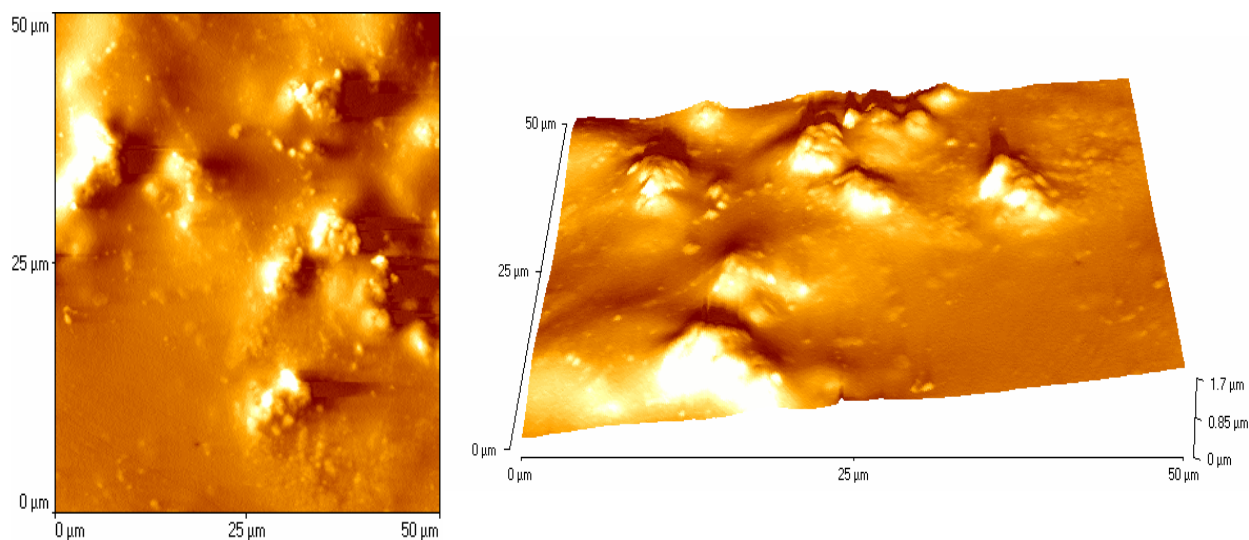
Tabulka č. 8.31 Rozmezí velikosti aglomerátů částic na povrchu nátěrů u jednotlivých nátěrových systémů

Vzorek č.	G11	H6	I6	B5	C5	D4
Rozmezí [μm]	0,7 - 2,2	0,9 – 2,8	0,3 – 2,1	0,3 – 1,9	0,8 – 2,0	0,7 – 2,9

Vzorek GN

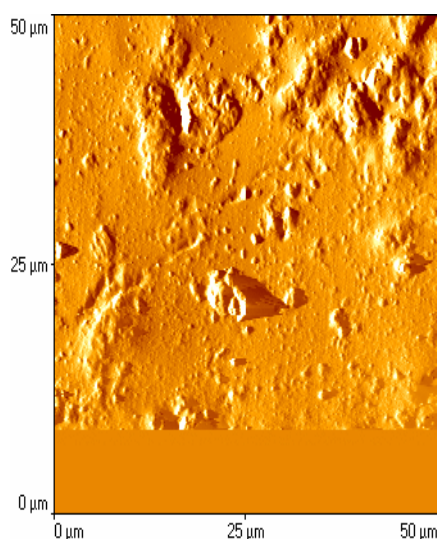
Obr. č. 8.81 AFM povrchu 2D snímek a 3D snímek

2 D snímek – na povrchu jsou viditelné aglomeráty částic v mikrometrických rozměrech. Současně jsou zde i částice v nanometrických rozměrech. 3D snímek – rozměr největšího aglomerátu nanočástic vystupujícího na povrch je 8 x 7 x 3,99 μm

Vzorek HN

Obr. č. 8.82 AFM povrchu 2D snímek a 3D snímek

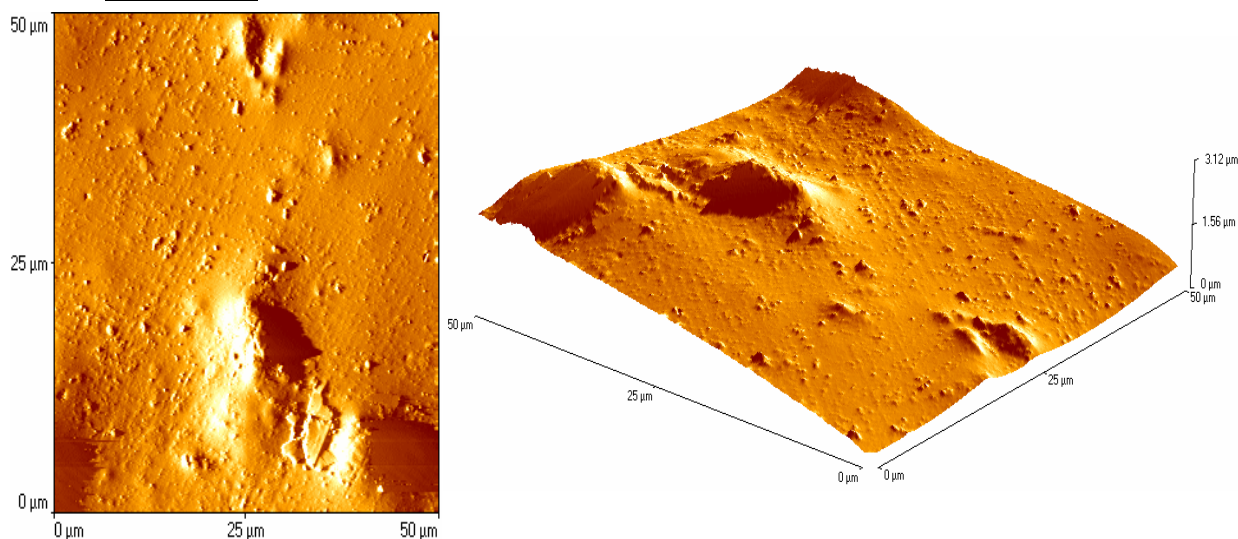
2 D snímek – na povrchu jsou viditelné aglomeráty částic v mikrometrických rozměrech. Současně jsou zde i částice v nanometrických rozměrech. 3D snímek – rozměr největšího aglomerátu nanočástic vystupujícího na povrch je 12 x 10 x 1,7 μm.

Vzorek IN

Obr. č. 8.83 AFM povrchu 2D snímek

2 D snímek – na povrchu jsou viditelné aglomeráty částic v mikrometrických rozměrech. Současně jsou zde i částice v nanometrických rozměrech. Rozměr největšího aglomerátu nanočástic vystupujícího na povrch je $20 \times 10 \times 4,5 \mu\text{m}$.

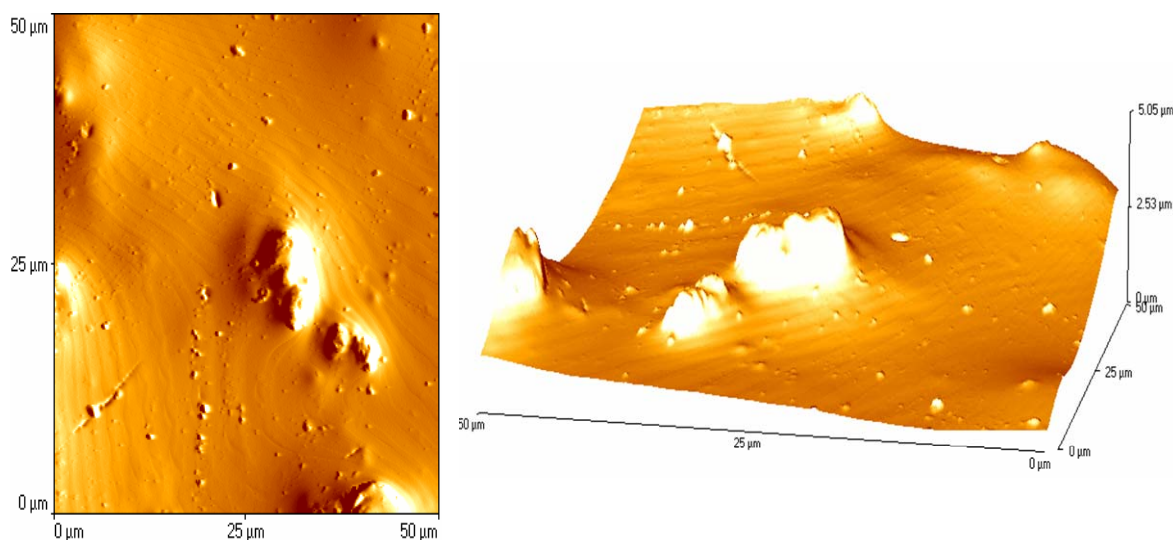
V průběhu měření pomocí AFM kompaktních vzorků, resp. velkoobjemových je vždy nutné zajistit jejich stabilitu, jejich rovinné umístění pod mikroskopem. V tomto případě byl vzorek tvořen nerovnoměrných nánosem ochranné vrstvy na konci ošetřeného plechu. V tomto důsledku nebylo možné zajistit optimální podmínky měření, čímž docházelo k vychýlení stabilní měřicí oblasti a současně k neúplnosti/nedoměřitelnosti v zadané y-ose.

Vzorek BN

Obr. č. 8.84 AFM povrchu 2D snímek a 3D snímek

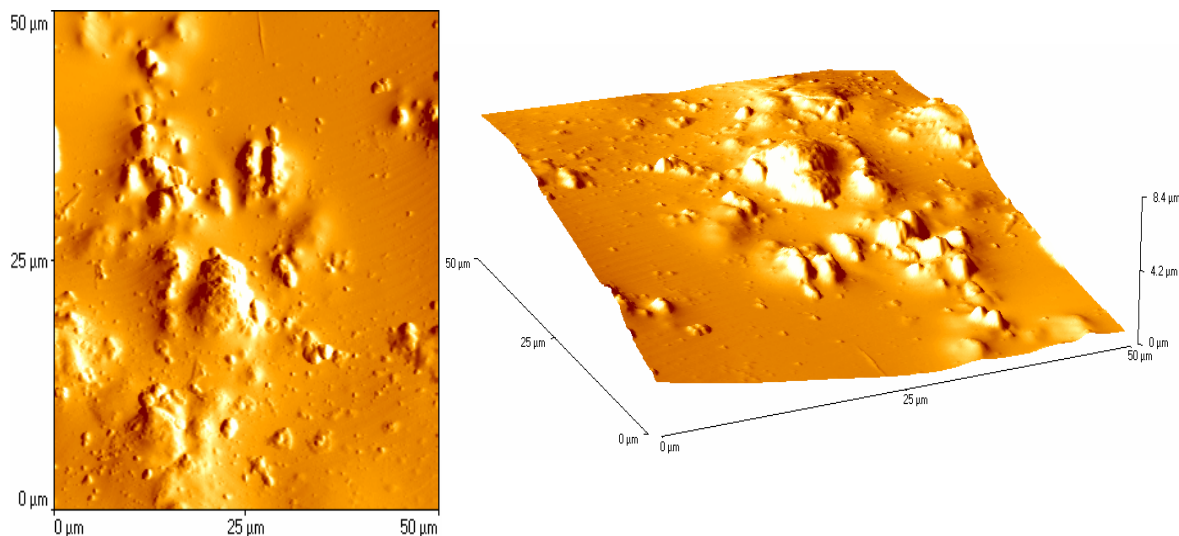
2 D snímek – na povrchu jsou viditelné aglomeráty částic v mikrometrických rozměrech. Současně jsou zde i částice v nanometrických rozměrech. Jemné aglomeráty částic jsou zde řádkovitě uloženy. 3D snímek – rozměr největšího aglomerátu nanočástic vystupujícího na povrch je $10 \times 15 \times 3,12 \mu\text{m}$

Vzorek CN



Obr. č. 8.85 AFM povrchu 2D snímek a 3D snímek

2 D snímek – na povrchu jsou viditelné aglomeráty částic v mikrometrických rozměrech. Současně jsou zde i částice v nanometrických rozměrech. Jemné aglomeráty částic jsou zde řádkovitě uloženy. Na snímku je patrný tok nátěru kolem aglomerátu částic. 3D snímek – rozměr největšího aglomerátu nanočástic vystupujícího na povrch je $12 \times 8 \times 5,05 \mu\text{m}$. Ochranná vrstva vytváří říčkové spékací reliéfy v oblasti největších aglomerátů částic, které vznikají v důsledku smršťování vrstvy v průběhu vysušování. Nejjemnější frakce se v objemu vyskytují spíše sporadicky.

Vzorek DN

Obr. č. 8.86 AFM povrchu 2D snímek a 3D snímek

2 D snímek – na povrchu jsou viditelné aglomeráty částic v mikrometrických rozměrech. Současně jsou zde i částice v nanometrických rozměrech. Na snímku je patrný tok nátěru kolem aglomerátu částic. 3D snímek – rozměr největšího aglomerátu nanočástic vystupujícího na povrch je 10 x 15 x 8,4 μm.

U nátěrových systémů, které se nanášely ve dvou vrstvách nebo v jedné tenké vrstvě není z měření viditelné, že by se aglomeráty nanočástic řádkovitě umísťovaly na povrchu nátěru.

V případě první varianty nátěrového systému je u vzorku GN patrné, že je na povrchu pár větších mikrometrických aglomerátů a mnoho menších aglomerátů řádově v mikrometrických až nanometrických rozměrech. S přidáním obsahu nanočástic se již na povrchu objevuje větší množství aglomerátů v mikrometrických rozměrech. Patrné na obrázcích vzorků HN a IN.

V případě druhé varianty nátěrového systému, který se nanášel v jedné silné vrstvě, se na povrchu vzorku BN a CN projevila řádkovitost malých aglomerátů nanočástic. Současně je na snímcích patrný i tok nátěrového systému. U vzorku DN, který obsahuje velké procento nanočástic jsou viditelné ve větším množství velké aglomeráty nanočástic a v menším množství malé aglomeráty nanočástic.

9 ZÁVĚR

Disertační práce se zabývá studiem vlivu charakteru povrchu podkladového materiálu a vstupních složek povlaků na přilnavost ochranných povlaků. Důraz je také kladen na zjištění množství nanočástic antikorozního pigmentu, které je potřeba pro docílení krátkodobé protikorozní ochrany. Práce je rozdělena do dvou částí, teoretické a experimentální.

Teoretická část se zabývá studiem dosavadních poznatků z oblasti přípravy povrchu materiálu před aplikací nátěru a z oblasti nátěrových systémů. Dále se zabývá nově se rozvíjejícím vědním oborem nanotechnologie.

Experimentální část je zaměřena na návrh metodiky a provedení experimentálních prací. Cílem této metodiky bylo charakterizovat přípravu povrchu ocelového podkladového materiálu mechanickou úpravou povrchu. Následně se zabývá přípravou dvou nově formulovaných vodou ředitelných transparentních nátěrů na bázi alkydové pryskyřice. Do těchto experimentálních nátěrů se přimíchal antikorozní pigment ortofosforečnan zinečnatý značený ZP 10. Tento pigment byl připraven v klasickém rozměru a v nanorozměru. Do nátěrů se přidával v procentuálním množství 2 - 3 hm.%, 4,5 - 5,5 hm.% a 7 - 8 hm.%. Takto bylo připraveno 12 variant nátěrových systémů. Při aplikaci se projevila řídkost nátěrových systémů a jejich nekompatibilita k jakýmkoliv mastnotám.

Vzorky byly podrobeny mřížkové zkoušce přilnavosti. První varianta nátěrového systému byla hodnocena klasifikačním stupněm 5. Docházelo k velkému poškození a odlupování nátěrového systému již při vytváření mřížky. Druhá varianta nátěrového systému dosáhla lepšího klasifikačního stupně v rozmezí 2 - 3. Zde již docházelo k menšímu poškození vytvořené mřížky a tedy k lepší přilnavosti.

Byla provedena korozní zkouška odolnosti v umělé atmosféře. Nejlepších výsledků u první varianty nátěru bylo dosaženo při procentuálním množství 4,5 - 5,5 hm.% ZP 10. U nanočástic, bez porušení řezem, bylo dosaženo 240 h bez korozního napadení, což odpovídá 40 měsícům v prostředí C5. U klasických částic, bez porušení řezem, bylo dosaženo 480 h bez korozního napadení, což odpovídá 80 měsícům v prostředí C5. V těchto případech bylo dosaženo minimálně krátkodobé protikorozní ochrany. U druhé varianty nátěru bylo dosaženo nejlepších výsledků při procentuálním množství 2 - 3 hm.% ZP 10 a 4,5 - 5,5 hm.% ZP 10. U nanočástic v obou případech, bez porušení řezem, bylo dosaženo 120 h bez korozního napadení, což odpovídá 20 měsícům v prostředí C5. U

klasických částic v obou případech, bez porušení řezem, bylo dosaženo 480 h bez korozního napadení, což odpovídá 80 měsícům v prostředí C5. Bylo tedy dosaženo minimálně krátkodobé protikorozi ochrany. Výsledky korozní zkoušky odolnosti prokázaly, že nejvhodnější procentuální plnění nových transparentních nátěrů je 4,5 - 5,5 hm.% nanočástic, a také klasických částic.

Studium částic v nátěrových systémech pomocí skenovací elektronové mikroskopie ukázalo vznik shluků nanočástic i klasických částic, které měly charakter aglomerátů. Tyto aglomeráty v nátěrových systémech příliš nesedimentovaly k povrchu podkladového materiálu, ale zůstávaly převážně ve vznosu. Přesto bylo dosaženo u korozní zkoušky odolnosti krátkodobé protikorozi ochrany.

Mikroskopie atomárních sil umožnila charakterizovat detailně povrchy nátěrových systémů plněných nanočásticemi. Neprokázalo se, že by se aglomeráty nanočástic řádkovitě umísťovaly na povrchu nátěru. Bylo zjištěno, že se stoupajícím množstvím obsahu nanočástic v nátěrech se objevuje na povrchu větší množství aglomerátů nanočástic v mikrometrických rozměrech.

Závěrem lze říci, že byl vyvinut transparentní protikorozi nátěrový systém s malým obsahem nanočástic a klasických částic. Je možné jej aplikovat v malé tloušťce a dosáhnout krátkodobé protikorozi ochrany, řádově několika měsíců, v prostředí C5. Současně je nutné podotknout, že se jedná o zatím jednoduchý transparentní protikorozi nátěr.

Přínos této práce lze spatřovat především v získání nových poznatků týkajících se aplikace nanočástic do nátěrových systémů. Studium chování nanočástic v nátěrových systémech a následný vliv na přilnavost a korozní odolnost.

V dalším stupni vývoje je nutné se zaměřit na vylepšení vlastností nátěrového systému. Především je nutné zajistit lepší viskozitu nátěru. Zvýšit pH, které může příznivě ovlivnit dobu protikorozi ochrany. Zajistit kompatibilitu s lehce mastnými povrchy pro aplikaci v praxi. Zajistit sedimentaci částic k povrchu materiálu.



Experimentální zkoušky byly zpracovány za podpory projektu
MŠMT KONTAKT ME 08083.

SPOLEČENSKÝ PŘÍNOS

Role a význam ochranných povlaků neustále roste nejen z hlediska problému korozního napadání kovových povrchů, ale také z hlediska použití nových materiálů s vyššími užitnými vlastnostmi. V současné době se pro ochranu podkladového materiálu nejčastěji používá povlakový systém. Má nezastupitelnou roli v ochraně velmi velké škály konstrukčních i stavebních materiálů, propůjčuje jim požadované vlastnosti a chrání je před jejich degradací způsobenou provozními i povětrnostními podmínkami. Cílem je zajistit dobrou adhezi povlakového systému, funkčnost a dlouhou životnost.

Společenský přínos disertační práce spočívá v získání nových poznatků a výsledků v oblasti aplikace nanočástic v nátěrových systémech. Ve vývoji nového jednoduchého transparentního antikorozního nátěru s nízkým obsahem nanočástic a klasických částic, který je možné aplikovat v tenké tloušťce a dosáhnout krátkodobé protikorozní ochrany.

Vědecký přínos disertační práce spočívá ve stanovení postupu přípravy a aplikace nátěrových systémů s obsahem nanočástic s využitím skenovací elektronové mikroskopie a mikroskopie atomárních sil při studiu částic v nátěrových systémech. Na základě těchto poznatků mohou být navrženy další etapy vylepšování vlastností vodou ředitelných nátěrových systémů plněných nanočásticemi. A současně těmito úpravami docílení dlouhodobé protikorozní ochrany při tenkých tloušťkách.

Výsledky této disertační práce mohou být využity k ovlivňování parametrů výroby a aplikace nátěrových systémů. Výchyly těchto parametrů ovlivňují výsledné funkční vlastnosti ochranných povlaků a tím také jejich jakost a životnost.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych vyjádřit poděkování zaměstnancům VŠB - TU Ostrava, kteří se na disertační práci jakýmkoliv způsobem podíleli. Především chci poděkovat Ing. Karle Barabaszové, Ph.D. a Ing. Kamile Hrabovské, Ph.D. za cenné rady a připomínky. Současně také Ing. Jaroslavovi Sližovi z firmy DENAS COLOR, a.s.

Zvláštní poděkování patří vedoucí disertační práce doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při jejím zpracování.



10 LITERATURA

- [1] PODJUKLOVÁ, J. *Speciální technologie povrchových úprav I*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 1994. 71 s. ISBN 80-7078-235-8.
- [2] BARTONÍČEK, R. a kol. *Koroze a protikorozní ochrana kovů*. Praha: Academia, 1966, 719 s.
- [3] KREIBICH, V. *Strojírenské materiály a povrchové úpravy*. Praha: ČVUT 1987, 80 s.
- [4] MOHYLA, M. *Koroze a povrchové úpravy kovů ve strojírenství*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1981, 214 s.
- [5] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1987, 252 s.
- [6] BARTONÍČEK, R. *Navrhování protikorozní ochrany*. Praha: SNTL, 1980, 288 s.
- [7] KUBÁTOVÁ, H. a kol. *Nátěry kovů*. Praha: Grada publishing, spol. s r. o., 2000, 101 s. ISBN 80-247-9035-1.
- [8] KALEDOVÁ, A; KALENDA, P. *Technologie nátěrových hmot I : Pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. Pardubice : Univerzita Pardubice, Fakulta Chemicko-technologická, 2004. 328 s. ISBN 80-7194-691-5.
- [9] KALEDOVÁ, A; KALENDA, P. *Technologie nátěrových hmot I : Stroje a procesy ve výrobě nátěrových hmot*. Pardubice : Univerzita Pardubice, Fakulta Chemicko-technologická, 2003. 260 s. ISBN 80-7194-625-7.



- [10] KALEDOVÁ, A. *Technologie nátěrových hmot II : Povrchové úpravy a způsoby předúpravy materiálů*. Pardubice : Univerzita Pardubice, Fakulta Chemicko-technologická, 2003. 389 s. ISBN 80-7194-555-2.
- [11] KALEDOVÁ, A. *Metody testování vlastností organických povlaků - díl I : Korozně-inhibiční účinnost organických povlaků*. Pardubice : Univerzita Pardubice, Fakulta Chemicko-technologická, 2001. 248 s. ISBN 80-7194-398-3.
- [12] BARABASZOVÁ, K. *Nanotechnologie a nanomateriály*. Ostrava: VŠB–TU Ostrava, 2006, 158s. ISBN 80-248-1210-X.
- [13] TICHÁ, Š. *Strojírenská metrologie, část I*. Ostrava: VŠB–TU Ostrava, 2004, 112s. ISBN 80-248-0672-X.
- [14] BROCK, T.; GROTEKLAES, M.; MISCE, P. *European Coating handbook*. Germany, Hannover: T. Schafer, 2000, 410 s. ISBN 80-03-00205-2.
- [15] STOYE, D.; et al. *Paints, Coatings and Solvents*. Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH, 1998. 399 s. ISBN 3-527-28863-5.
- [16] BERTOLINI, L.; et al. *Corrosion of Steel in Concrete*. Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH, 2004. 392 s. ISBN 3-527-30800-8.
- [17] POOLE, Ch. P.; OWENS, F. J. *Introduction to Nanotechnology*. Canada, New Jersey : WILEY-INTERSCIENCE, 2003. 371 s. ISBN 0-471-07935-9.
- [18] DECHER, G.; SCHLENOFF, J. B. *Multilayer Thin Films : Sequential Assembly of Nanocomposite Materials*. Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH, 2002. 510 s. ISBN 3-527-30440-1.
- [19] TJONG, S. C. *Nanocrystalline Materials : Their Synthesis-Structure-Property Relationships and Applications*. Hardbound : Elsevier Ltd., 2006. 355 s. ISBN 978-0-08-044697-4.

- [20] CONDON, J. B. *Surface Area and Porosity Determinations by Physisorption : Measurements and Theory* [online]. Hardbound : Elsevier Ltd., 2006 [cit. 2010-01-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/book/9780444519641>>. ISBN 978-0-444-51964-1.
- [21] ROUKES, L. M. *Understanding Nanotechnology*. New York : Warner Brooks, 2002. 149 s. ISBN 978-0-446-67956-5.
- [22] JAGADISH, Ch.; PEARTON, S. *Zinc Oxide Bulk, Thin Films and Nanostructure : Processing, Properties and Applications*. Oxford : Elsevier, 2006. 589 s. ISBN 978-0-08-044722-3.
- [23] LOMBARDI, S. L. *Nanoparticles : New Research*. New York : Nova Science Publishers, Inc., 2008. 412 s. ISBN 978-1-60456-704-5.
- [24] HORNYAK, G. L.; et al. *Introduction to Nanoscience and Nanotechnology*. Boca Raton : CRC Press, 2009. 1593 s. ISBN 978-1-4200-4779-0.
- [25] PELIKÁNOVÁ, K. *Studium nátěrových systémů pro krátkodobou a dlouhodobou protikorozi ochranu..* Katedra mechanické technologie, 2007. 52 s. Diplomová práce. VŠB-TU Ostrava.
- [26] PELIKÁNOVÁ, K. *Studium změny drsnosti povrchu v závislosti na čase před aplikací nátěru..* Katedra mechanické technologie, 2005. 46 s. Bakalářská práce. VŠB-TU Ostrava.
- [27] FILIPOVÁ, M. *Studium vlivu povrchové úpravy podkladového materiálu na vlastnosti aplikovaných povlaků..* Katedra mechanické technologie, 2006. 63 s. Autoreferát doktorské disertační práce. VŠB-TU Ostrava. ISBN 978-80-248-1454-4.

- [28] KALEDOVÁ, A. *Studium korozně – inhibiční účinnosti nátěrových systémů pro povrchovou úpravu ocelových konstrukcí*. Fakulta strojní, 2000. 48 s. Habilitační práce. VŠB-TU Ostrava.
- [29] SKÁCEL, F.; TEKÁČ, V. Nástroje regulace použití organických rozpouštědel v české a evropské legislativě.. In *Sborník přednášek z 20. ročníku konference povrchových úprav 2006 v Havlíčkově Brodě*. Havlíčkův Brod, 2006. s. 5-8. ISBN 80-239-8107-0.
- [30] HOCHMANNOVÁ, L. Nanotechnologie v antikorozních nátěrových hmotách. In *40. Mezinárodní konference o nátěrových hmotách, KNH' 09 : Sborník příspěvků*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2009. s. 9-16. ISBN 978-80-7395-176-4.
- [31] KALEDOVÁ, A.; et al. Pigmenty a plniva pro úpravu antikorozních vlastností nátěrových hmot. *CHEMagazín*. 2005, 1, s. 24-27. ISSN 1210-7409.
- [32] KALEDOVÁ, A. Antikorozní pigmenty pro ekologické nátěrové hmoty. *CHEMagazín*. 2002, 3, s. 10-12. ISSN 1210-7409.
- [33] PETRÁŠEK, M.; KALEDOVÁ, A. Studium synergického efektu citronanu vápenatého a zinečnatého s ortofosforečnanem zinečnatým v modelových antikorozních nátěrových hmotách. *CHEMagazín*. 2002, 5, s. 10-13. ISSN 1210-7409.
- [34] KALEDOVÁ, A.; KUKAČKOVÁ, A. Částice práškového zinku jako korozně inhibiční pigment. *CHEMagazín*. 2002, 6, s. 16-18. ISSN 1210-7409.
- [35] PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; MENŠIKOV, V.; KRATOŠOVÁ, G.; BARABASZOVÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T.; PĚNIČKA, Z. *Průběžná zpráva projektu ME 08083 za rok 2008, NANO – 07*. Ostrava: VŠB–TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2009.

- [36] PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; MENŠIKOV, V.; KRATOŠOVÁ, G.; BARABASZOVÁ, K.; BLAHETOVÁ, M.; LASEK, S.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T.; BÁRTEK, V.; PĚNIČKA, Z. *Průběžná zpráva projektu ME 08083 za rok 2009, NANO – 07*. Ostrava, VŠB–TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2010.
- [37] KUČEROVÁ, I.; et al. *Návody k laboratorním pracím – Vlastnosti pigmentů* [online]. Praha: VŠCHT v Praze [cit. 2009-04-14]. Dostupné z WWW: <http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res_vlastnosti_pigmentu/index.htm>.
- [38] BUMBÁLEK, L.; BUMBÁLEK, B. Pokrokové trendy v hodnocení textury povrchu. *Kvalita a Geometrické specifikace produktů* [online]. Zář 2005, [cit. 2008-04-18]. ISSN 1801-5352 Dostupné z WWW: <http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/44_Bumbalek_VUTBR.pdf>.
- [39] KLUSOŇ, P.; DROBEK, M.; BARTKOVÁ, H.; BUDIL, I. Vítejte v „NANOSVĚTĚ“. *Chemické listy* [online]. Duben 2007, 101, [cit. 2009-04-21]. Dostupné z WWW: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2007_04_262-272.pdf>. ISSN 1213-7103>.
- [40] Nanotechnologie hrají všemi barvami. *Science world* [online]. Březen 2006, [cit. 2009-04-30]. Dostupné z WWW: <<http://scienceworld.cz/medicina/nanotechnologie-hraji-vsemi-barvami-1502>>.
- [41] *Nanotechnologie a nanomateriály. Krajská hygienická stanice* [online]. Březen 2009 [cit. 2009-4-30]. Dostupné z WWW: <http://www.khsova.cz/01_aktuality/nanotechnologie.php?datum=2009-03-18>.
- [42] NOVÁK, P.; et al. *Korozní inženýrství – Protikorozní ochrana úpravou prostředí* [online]. Praha: VŠCHT v Praze [cit. 2009-04-19]. Dostupné z

WWW:

<http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/s_izdroj.htm>.

- [43] *Tryskání suchým ledem* [online]. [cit. 2009-2-16]. Dostupné z WWW: <<http://www.coldjet.com/cz/information/cleaning-comparison.php>>.
- [44] *Viscosity* [online]. 2010 [cit. 2010-3-16]. Dostupné z WWW: <<http://www.analis.be/files/VprodFiles/433/BYKPhyViscoCupsDIN.pdf>>.
- [45] 1. Toušeňská s. r. o. [online]. 2010 [cit. 2010-3-27]. *Mechanické úpravy povrchu tryskáním*. Dostupné z WWW: <<http://www.1tousenska.cz/sluzby.php?sub=7>>.
- [46] VERNER, M. *Pacienti s rakovinou mají novou naději – nanočástice*. [online]. 2010 [cit. 2010-4-08]. Dostupné z WWW: <http://www.tyden.cz/rubriky/zdravi/pacienti-s-rakovinou-maji-novou-nadeji-nanocastice_163164.html>.
- [47] *Zlaté nanokuličky slouží jako součástky optické stavebnice* [online]. 2010 [cit. 2010-6-02]. Dostupné z WWW: <http://www.tyden.cz/rubriky/veda-a-technika/veda/zlate-nanokulicky-slouzi-jako-soucastky-opticke-stavebnice_170588.html>.
- [48] KLÍMOVÁ, Š. *Povrchové úpravy železných nanočástic* [online]. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2009. 36 s. Teze doktorské disertační práce. Dostupné z WWW: <http://artec.tul.cz/.download/tmp.z9hm4WX/upload-teze_klimkova.2009-10-06.13-56-56.pdf>.
- [49] *NANOREN: Vlastnosti povrchů a jejich ovlivňování pomocí nano-vrstev* [online]. [cit. 2010-3-29]. Dostupné z WWW: <http://www.nanoren.cz/index.php?page=i_vyuziti>.

- [50] Český metrologický institut. Měřicí jednotky [online]. [cit. 2010-3-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.cmi.cz/index.php?lang=1&wdc=311>>.
- [51] Česká republika. Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech: Příloha č. 1 - Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod. In *Nařízení vlády Ministerstva životního prostředí ČR*. 2003, s. 62. Dostupné z WWW: <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/ea92dcbcb98365b0c1256d64003e24f0?OpenDocument>>.
- [52] EU. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/11/ES o znečišťování některými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí Společenství. In *Úřední věstník Evropské unie*. 2006, s. 8.
- [53] Česká republika. Zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší). In *Vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR*. 2002, s. 51.
- [54] EU. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/42/ES ze dne 21. dubna 2004 o omezování emisí těkavých organických sloučenin vznikajících při používání organických rozpouštědel v některých barvách a lacích a výrobcích pro opravy nátěru vozidel a o změně směrnice 1999/13/ES. In *Úřední věstník Evropské unie*. 2004, s. 15.
- [55] ČSN EN ISO 8501-1 – Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty. Část 1: Stupeň zarezavění a stupeň přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků. Praha, Český normalizační institut, 2007.
- [56] ČSN ISO 8502-3 – Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu. Část

- 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu (metoda snímání samolepící páskou). Praha, Český normalizační institut, 1996.
- [57] ČSN EN ISO 4287 – Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: profilová metoda. Termíny, definice a parametry struktury povrchu. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [58] ČSN EN ISO 8503-5 – Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Charakteristiky drsnosti povrchu otryskaných ocelových podkladů. Část 5: určení profilu povrchu páskou metodou repliky. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [59] ČSN EN ISO 2431 – *Nátěrové hmoty – Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky*. Praha: Český normalizační institut, 1997.
- [60] ČSN EN ISO 2808 – *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru*. Praha, Český normalizační institut, 2007.
- [61] ČSN EN ISO 16276-2 – Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku. Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez. Praha, Český normalizační institut, 2008.
- [62] ČSN EN 13 523 – Kontinuálně lakované kovové pásy – Zkušební metody. Část 2: Zrcadlový lesk. Český normalizační institut, 2001.
- [63] ČSN EN ISO 9227 – *Korozní zkoušky v umělých atmosférách. Zkoušky solnou mlhou*. Praha, Český normalizační institut, 2007.
- [64] ČSN 67 3087 – Zrychlená ponorová zkouška odolnosti nátěrů proti podkorodování – Postup podle Machu a Schiffmana. Laboratorní zkoušky ochranné účinnosti nátěrů na kovech. Praha, Český normalizační institut, 1981.

- [65] ČSN EN ISO 2409 – *Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška*. Praha, Český normalizační institut, 2007.
- [66] ČSN EN ISO 4628-1 – *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu. Část 1: Obecný úvod a systém klasifikace*. Praha, Český normalizační institut, 2004.
- [67] ČSN EN ISO 4628-2 – *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu. Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování*. Praha, Český normalizační institut, 2004.
- [68] ČSN EN ISO 4628-3 – *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu. Část 3: Hodnocení stupně prorezavění*. Praha, Český normalizační institut, 2004.
- [69] ČSN EN ISO 4628-8 – *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu. Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v řezu*. Praha, Český normalizační institut, 2005.

11 PUBLIKACE

- I HRABOVSKÁ, K.; PODJUKLOVÁ, J.; SIOSTRZONEK, R.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L. Studium vlivu indikačních kapalin na křehkolomové vlastnosti sklovitých smaltovaných povlaků. In.: „Požadavky na vlastnosti smaltovaných povlaků“. Ostravice, září 2007, VŠB – TU Ostrava, str. 7 – 20, ISBN 978-80-248-1564-0.
- II PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L. Studium vlivu úpravy povrchu na vlastnosti ochranných povlaků. *Acta mechanica Slovaca*. Mezinárodní konference POVRCHOVÉ INŽINIERSTVO 2007. Košice, Slovensko, listopad 2007, str. 225 – 230, ISSN 1335 – 2393.
- III PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L. Vliv velikosti jílových anorganických složek na křehkolomové vlastnosti sklovitých smaltových povlaků. 17. Mezinárodní konference metalurgie a materiálů METAL 2008. Hradec nad Moravicí, květen 2008, str. 73, ISBN 978-80-254-1987-8.
- IV PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L. Studium vlivu úpravy povrchu na přilnavost nátěrových systémů plněných zinkem. X. konference Ocelové konstrukce 2008. Karlova Studánka, duben 2008, str. 49 - 55 , ISBN 978-80-86604-37-4.
- V PELIKÁNOVÁ, K.; PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L. Influence size of Clay Inorganic Components on Brittle fracture properties of Vitreous Enamel Coatings. Junior Euromat 2008. Lausanne, Switzerland., červenec 2008, Abstract No. 57, Topic: I – Surface Engineering.
- VI HRABOVSKÁ, K.; PODJUKLOVÁ, J.; BARČOVÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L. Glasemail-Beschichtung auf Stahlsubstraten. *Email* -



Mitteilungen des Deutschen Email Verbandes E. V. Juli/August, s. 58-61, ISSN 0938-9865.

- VII PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T. Studium vlivu velikosti částic jílu ve sklovitém smaltovém povlaku na přilnavost nátěrového systému. In.: „Smalty a technologie smaltování“. Konferenční centrum AV ČR – Zámek Liblice, září 2008, str. 1-3, ISBN 978-80-248-1819-1.
- VIII HRABOVSKÁ, K.; PODJUKLOVÁ, J.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L. The Impact of a Clay Compound on Brittle-Fracture and Mechanical Features of Vitreous Enamel Coats. *Vrstvy a Povlaky* 2008, září 2008, p. 64-67, ISBN 978-80-969310-7-1
- IX HRABOVSKÁ, K.; PODJUKLOVÁ, J.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T.; VILIAMSOVÁ, J. Efekt velikosti částic jílu na funkční vlastnosti sklovitých smaltových povlaků. *Acta mechanica Slovaca*. Mezinárodní konference INTERANTIKOR – POVRCHOVÉ INŽINIERSTVO 2008. Košice – Herlany, Slovensko, listopad 2008, str. 126-131, ISSN 1335-2393.
- X PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T. Ekologický nátěrový systém v podmínkách korozní zátěže. *Acta mechanica Slovaca*. Mezinárodní konference INTERANTIKOR – POVRCHOVÉ INŽINIERSTVO 2008. Košice – Herlany, Slovensko, listopad 2008, str. 221-224, ISSN 1335-2393.
- XI PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T. Studium vlivu solících prostředků na korozní odolnost nátěrového systému. X. konference Ocelové konstrukce 2009. Karlova Studánka, duben 2009, str.131 - 137, ISBN 978-80-86604-45-9.
- XII PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T. Vývojové trendy v použití ochranných

povlaků. 18. Mezinárodní konference metalurgie a materiálů METAL 2009. Hradec nad Moravicí, květen 2009, str. 66, ISBN 978-80-87294-03-1.

- XIII PODJUKLOVÁ, J.; DOBROVODSKÁ, L.; PELIKÁNOVÁ, K.; LANÍK, T.; HRABOVSKÁ, K. Studium vlivu solícího prostředku na korozní odolnost nátěrového systému. *KONSTRUKCE: odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství*, červenec, roč. 9, č. 4. ISSN 1803-8433.
- XIV PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T. Vliv velikosti částic přísad ochranných povlaků na jejich vlastnosti. In *II. Sibiřské fórum o nátěrových systémech*. Irkutsk, Listvjanka, Ruská federace, září 2009, str. 14 – 23. ISBN 978-5-9901286-4-4.
- XV DOBROVODSKÁ, L.; PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; LANÍK, T.; PELIKÁNOVÁ, K.; MENŠIKOV, V. V. Vývojové trendy v použití ochranných povlaků. Sborník přednášek NANOCON 2009, 1. mezinárodní konference NANOCON 2009, Rožnov pod Radhoštěm. Ostrava : Tanger, spol. s r. o., s. 84. ISBN 978-80-87294-12-3. Dostupné z WWW: <<http://www.nanocon.cz/data/nanocon2009/sbornik/Lists/Papers/089.pdf>>.
- XVI PODJUKLOVÁ, J.; DOBROVODSKÁ, L.; PELIKÁNOVÁ, K.; LANÍK, T.; HRABOVSKÁ, K. Změna vlastností sklokeramických povlaků v závislosti na druhu obsažených minerálních složek. In *Mezinárodní konference Povrchové Inžinierstvo 2009*. Košice, Slovenská republika, listopad 2009, str. 69 – 72. ISSN 1337-7094. Dostupné z WWW: <<http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/15-2009/pdf/069-072.pdf>>.
- XVII HRABOVSKÁ, K.; PODJUKLOVÁ, J.; BARČOVÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L. Vitreous Enamel Coatings on Steel Substrates. *Solid State Phenoma, Mechatronic Systems and Materials III*, p. 856-860, ISSN 1012-0394.



- XVIII PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T.; BÁRTEK, V.; MENŠIKOV, V. V. Povlaky s novými funkcemi - Nové perspektivy I. In *Coatings and Surface Treatment*. Moskva, Ruská federace, Březen 2010, 2 x Poster.
- XIX PODJUKLOVÁ, J.; HRABOVSKÁ, K.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T.; BÁRTEK, V.; MENŠIKOV, V. V. Povlaky s novými funkcemi - Nové perspektivy II. In *Coatings and Surface Treatment*. Moskva, Ruská federace, Březen 2010, 2 x Poster.
- XX PODJUKLOVÁ, J.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T.; BÁRTEK, V.; HRABOVSKÁ, K.; MENŠIKOV, V. V. Vývojové trendy v protikorozi ochraně materiálů hutní produkce tenkými povlaky. XII. Konference Ocelové konstrukce 2010. Praha: Sekurkon, s. r. o., s. 103 – 108. ISBN 978-80-86604-49-7.
- XXI PODJUKLOVÁ, J.; PELIKÁNOVÁ, K.; DOBROVODSKÁ, L.; LANÍK, T.; HRABOVSKÁ, K.; BÁRTEK, V.; MENŠIKOV, V. V. Studium tenkých organických povlaků jako antikorozi ochrana kovových materiálů. Sborník konference Metal 2010, 19. mezinárodní konference metalurgie a materiálů Metal 2010, Rožnov pod Radhoštěm. Ostrava : Tanger, spol. s r. o., s. 90. ISBN 978-80-87294-15-4. Dostupné z WWW: <<http://www.metal2010.com/data/metal2010/sbornik/lists/papers/327.pdf>>.



12 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1: Materiálový list oceli Kosmalt E 300 T
- Příloha č. 2: Materiálový a bezpečnostní list Heucophos ZP 10
- Příloha č. 3: Drsnost referenčních vzorků dle ČSN EN ISO 4287
- Příloha č. 4: Tloušťka suché vrstvy nátěrových systémů dle ČSN EN ISO 2808
- Příloha č. 5: Fotodokumentace korozní zkoušky odolnosti dle ČSN ISO 9227
- Příloha č. 6: Fotodokumentace zrychlené ponorové zkoušky dle ČSN 67 3087
- Příloha č. 7: Závěr v anglickém jazyce (Conclusion)